



**HUBUNGAN ANTARA TINGKAT PEMAPARAN PARTIKEL  
DEBU UDARA DENGAN KAPASITAS FUNGSI PARU  
(STUDI PADA PEKERJA INDUSTRI PELEBURAN TIMAH HITAM di  
LINGKUNGAN INDUSTRI KECIL BUGANGAN BARU SEMARANG)**

**TESIS**

**Untuk Memenuhi Sebagai Persyaratan Mencapai Derajat S2  
Program Studi Magister Ilmu Kesehatan Masyarakat  
Konsentrasi Kesehatan Lingkungan**

**Diajukan oleh :**

**LILIS AGUSTANTI**

**NIM : E4A000025**

**Konsentrasi : Kesehatan Lingkungan**

**PROGRAM PASCA SARJANA  
UNIVERSITAS DIPONEGORO  
S E M A R A N G  
2 0 0 3**

**HUBUNGAN ANTARA TINGKAT PEMAPARAN PARTIKEL  
DEBU UDARA DENGAN KAPASITAS FUNGSI PARU**

Studi Pada Pekerja Industri Peleburan Timah Hitam (Pb)  
di Lingkungan Industri Kecil Bugangan Baru Semarang

**T E S I S**

Oleh  
Lilis Agustanti  
E4 A 00025

Telah disetujui untuk dipertahankan di hadapan dewan penguji pada tanggal 19  
juli 2003 dan dinyatakan telah sah untuk diterima

Pembimbing Anggota

Ir. TRI DJOKO, M.Si

Pembimbing Utama

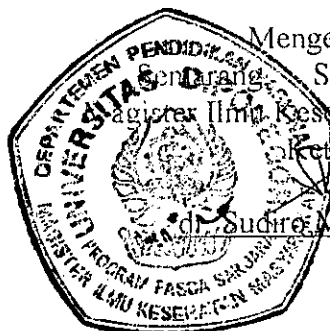
dr. SUHARTONO, M. Kes

Penguji Anggota

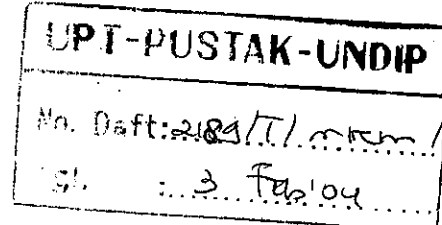
dr. DHARMINTO, M.Kes.

Penguji Utama

Dra. SULISTIANI, M.Kes.



Mengetahui  
Semarang, September 2003  
Agustanti, Ilmiah Kesehatan Masyarakat  
Ketua  
dr. Sudiro MPH, Dr.PH



## Sertifikat

Saya Lilis Agustanti, S.Si yang bertanda tangan dibawah ini :

Menyatakan bahwa tesis yang saya ajukan ini adalah hasil karya saya sendiri yang belum pernah disampaikan untuk mendapat gelar pada program Magister ini atau pun progam lainnya. Karya ini adalah milik saya, karena itu pertanggung jawabannya sepenuhnya berada di pundak saya.

Demak, 19 September 2003

Lilis Agustanti, S.Si

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penyusun panjatkan kehadirat Allah S.W.T. yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penyusun dapat menyelesaikan seminar hasil tesis dengan judul **"Hubungan Antara Tingkat Pemaparan Partikel Debu dengan Kapasitas Fungsi Paru Studi pada Pekerja Industri Peleburan Timah Hitam di L.I.K. Bugangan Baru Semarang"**.

Tesis ini disusun dalam rangka untuk memenuhi salah satu persyaratan mencapai derajat S-2 pada Program Pascasarjana Magister Ilmu Kesehatan Masyarakat Konsentrasi Kesehatan Lingkungan di Universitas Diponegoro Semarang.

Dalam penyusunan tesis ini, penulis menyadari atas keterbatasan penelitian dan hasil yang dicapai. Karena itu besar harapan penulis untuk mendapatkan telaah dan masukan dalam memperbaiki dan melengkapinya.

Atas begitu banyak bantuan moril maupun materil yang penulis dapatkan dalam penyusunan tesis ini, maka pada kesempatan yang baik ini penulis menyampaikan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Direktur Program Pascasarjana Universitas Diponegoro yang telah membuka kesempatan kepada siapapun yang memenuhi persyaratan untuk meningkatkan ilmu pengetahuan dan darma baktinya bagi nusa dan bangsa.
2. Bapak dr. Suhartono, M.Kes., selaku Pembimbing I yang telah banyak meluangkan waktu, tenaga dan pikiran serta dengan sabar membimbing dan memberikan pengarahan dalam penyusunan tesis ini.
3. Bapak Ir. Tri Joko, M.Si., selaku Pembimbing II yang banyak memberikan pengarahan dan dorongan moril yang sangat berguna sejak penyusunan proposal sampai penyelesaian tesis ini.
4. Ibu dr. Onny Setiany, Phd., selaku Ketua Konsentrasi Kesehatan Lingkungan Program Magister Ilmu Kesehatan Masyarakat Universitas Diponegoro.
5. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu.

**Semoga Allah S.W.T. senantiasa melimpahkan rahmatnya sebagai imbalan  
atas segala amal kebaikan dan bantuannya.**

**Semarang, Juni 2003**

**Penyusun**

## ABSTRAK

Lilis Agustanti

HUBUNGAN ANTARA TINGKAT PEMAPARAN PARTIKEL DEBU UDARA  
DENGAN FUNGSI PARU PADA PEKERJA INDUSTRI PELEBURAN TIMAH  
HITAM (Pb) DI LINGKUNGAN INDUSTRI KECIL BUGANGAN BARU  
SEMARANG

xii + 62 halaman + 4 lampiran

Lingkungan kerja sering mengandung bermacam-macam bahaya kesehatan yang bersifat kimiawi, biologik dan psikososial yang dapat menyebabkan penyakit akibat kerja. Industri peleburan timah hitam merupakan salah satu industri yang sangat potensial mencemari lingkungan terutama pencemaran udara. Salah satu bahaya kesehatan yang ditimbulkan pada saat proses peleburan berlangsung yaitu tersebarnya partikel debu yang berupa logam Pb dan gas SO<sub>2</sub>, paparan debu tersebut dapat menyebabkan terganggunya fungsi paru.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hubungan antara tingkat paparan partikel debu udara dengan fungsi paru pada pekerja peleburan timah hitam di Lingkungan Industri Kecil Bugangan Baru Semarang. Dalam penelitian ini dilakukan studi observasional dengan pendekatan *Cross-sectional*. Sebagai sampel penelitian adalah pekerja yang memenuhi kriteria inklusi dengan jumlah sampel 29 orang. Penelitian dilakukan pada tanggal 29 Januari sampai 3 Februari 2003. Pengumpulan data dilakukan dengan pengukuran jumlah debu yang diterima pekerja, pengukuran kapasitas fungsi paru, pengukuran berat/tinggi badan dan wawancara dengan responden. Analisis data pada penelitian ini menggunakan uji *Korelasi Pearson*, analisis data multivariat digunakan uji regresi. dan uji stratifikasi

Hasil uji statistik menunjukkan ada hubungan yang bermakna antara jumlah paparan debu pekerja dengan kapasitas fungsi paru dengan  $p < 0,05$ . Hasil uji regresi membuktikan jumlah paparan debu, umur dan status gizi secara bersama-sama menjadi faktor resiko untuk terjadinya gangguan fungsi paru.

Untuk menghindari terpapar oleh debu disarankan pada pekerja untuk memakai alat pelindung diri dengan baik dan lengkap.

Kata kunci : Paparan debu, kapasitas fungsi paru, peleburan timah hitam, pencemaran udara

## ABSTRACT

Lilis Agustanti

CORRELATION BETWEEN SPREADING AIR DUST PARTICLES LEVEL WITH RESPIRATORY FUNCTION ON EMPLOYEE OF BLACK PLUMBUM (Pb) DISSOLUTION IN LINGKUNGAN INDUSTRI KECIL BUGANGAN BARU SEMARANG

xii + 62 pages + 4 attachment

Eventually working environment has been polluted by biological, chemical, and psychosocial pollutant that able to cause working diseases. The industry, which has a potential rubbish or waste to make environmental pollution, is accu dissolution industry in which air pollution is the most problem. The pollutions are dust particles of Pb and SO<sub>2</sub>, which spread into the air when dissolution process, then the spreading dust causes a malfunction on respiratory system of human.

This research had a goal to find correlation between spreading air dust particles level and respiratory function on employees of industrial black Pb dissolution in *Lingkungan Industri Kecil Bugangan Baru Semarang*. This research was observational study using cross-sectional approach. Sampling was taken to all employees whose have inclusion criteria, and found in 29 employees. Observation was done on January 29, 2003 until February 3, 2003. Data were collected by measuring on : total dust which had been consumed by respondent, vital capacity of respiratory function, weight and height of employees, and by questioners of respondent. The data analysis in this research was using Pearson Correlation Test, multivariate regression test and stratification test.

The result of statistic test shows there is a significant correlation between total employee's dust collection with vital capacity respiratory function with  $p < 0.05$ . The result of regression test proves a total dust, age and nutrition status all together became risk factors for respiratory malfunction.

In this problem a better ways for the employees are using safety tools completely.

Key word : Spreading dust, vital capacity respiratory function, black Pb dissolution, air pollution

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
KATA PENGANTAR .....	iii
ABSTRAK .....	v
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR TABEL .....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR LAMPIRAN .....	xii
PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Perumusan Masalah .....	3
1.3. Tujuan Penelitian .....	4
1.3.1. Tujuan Umum .....	4
1.3.2. Tujuan Khusus .....	4
1.4. Manfaat Penelitian .....	5
1.5. Ruang Lingkup Penelitian .....	5
1.5.1. Lingkup Materi .....	6
1.5.2. Lingkup Masalah .....	6
1.5.3. Lingkup Sasaran .....	6
1.5.4. Lingkup Tempat .....	6
1.5.5. Lingkup Metoda .....	6
1.5.6. Lingkup Waktu .....	7
TINJAUAN PUSTAKA .....	8
2.1. Industri Peleburan Timah Hitam .....	8
2.1.1. Proses Peleburan Accu Bekas .....	8
2.1.2. Proses Terjadinya Partikulat dan Sulfur Dioksida.....	10



2.1.3. Pengolahan Gas Buang pada Proses Peleburan Timah Hitam .....	11
2.2. Polutan Partikulat .....	12
2.3. Evaluasi Bahan Pencemaran Udara di Lingkungan Kerja .....	13
2.4. Mekanisme Penimbunan Debu dalam Jaringan Paru .....	16
2.5. Fungsi Paru .....	19
2.5.1. Anatomi Paru .....	19
2.5.2. Mekanisme Pernafasan.....	20
2.5.3. Uji Fungsi Paru .....	22
2.5.4. Indikator Fungsi Paru .....	23
2.6. Deteksi Kelainan Paru Akibat Kerja.....	25
2.6.1. Riwayat Medik dan Pekerjaan serta Pemeriksaan Fisik.....	26
2.6.2. Penyakit Paru Akibat Paparan Debu Logam Keras.....	27
2.7. Hipotesis .....	26
2.8. Kerangka Teori.....	29
METODOLOGI PENELITIAN .....	30
3.1. Kerangka Konsep .....	30
3.2. Desain Penelitian .....	31
3.3. Tempat dan Waktu Penelitian .....	31
3.4. Populasi dan Sampel Penelitian .....	31
3.4.1. Populasi .....	31
3.4.2. Sampel .....	32
3.4.3. Besar Sampel .....	32
3.5. Variabel Penelitian .....	33
3.5.1. Variabel Terikat .....	33
3.5.2. Variabel Bebas .....	33
3.5.3. Variabel Pengganggu .....	33
3.6. Definisi Operasional.....	33
3.7. Instrumen Penelitian .....	35
3.8. Pelaksanaan Penelitian .....	38
3.9. Pengumpulan Data .....	39

3.10. Pengolahan Data dan Analisa .....	39
3.10.1. Pengolahan Data .....	39
3.10.2. Analisa Data .....	40
3.11. Rencana Kegiatan Penelitian .....	41
3.12. Skema Alur Penelitian .....	42
HASIL PENELITIAN .....	43
4.1. Gambaran Umum .....	43
4.2. Analisis Univariat .....	44
4.2.1. Karakteristik Responden .....	44
4.2.2. Jumlah Paparan Debu pada Responden .....	46
4.2.3. Kapasitas Fungsi Paru Responden .....	46
4.2.4. Hasil Uji Normalitas .....	47
4.3. Analisis Bivariat .....	48
4.3.1. Hubungan Jumlah Paparan Debu dengan Kapasitas Fungsi Paru .....	48
4.3.2. Hubungan Antara Umur, Lama Kerja, atau Status Gizi dengan Kapasitas Fungsi Paru .....	48
4.4. Hasil Analisis Multivariat .....	49
4.4.1 Analisis Regresi Berdasarkan Stratifikasi .....	50
PEMBAHASAN .....	52
5.1. Hubungan Antara Jumlah Paparan Debu Dengan Kapasitas Fungsi Paru ....	52
5.2. Hubungan Antara Umur, Lama Kerja, atau Status Gizi dengan Kapasitas Fungsi Paru .....	53
5.3. Uji Kapasitas Fungsi Paru .....	54
5.4 Analisis Multivariat .....	55
5.5 Analisis Regresi Berdasarkan Uji Stratifikasi .....	55
KESIMPULAN DAN SARAN .....	58
6.1. Kesimpulan .....	58
6.2. Saran .....	59
DAFTAR PUSTAKA .....	60
LAMPIRAN .....	63

## DAFTAR TABEL

Tabel 1	Derajat Kapasitas Fungsi Paru.....	38
Tabel 3	Rencana Kegiatan Penelitian.....	41
Tabel 4.1.	Nilai Rata-rata Hitung karakteristik dan keragaman Responden	45
Tabel 4.2.	Diskripsi Kebiasaan responden.....	46
Tabel 4.3.	Diskripsi Frekuensi Pemeriksaan Kapasitas Fungsi Paru Responden.....	46
Tabel 4.4.	Nilai Rata-Rata Hitung dan keragaman dari Variabel bebas dan terikat.....	47
Tabel 4.5.	Nilai Normalitas Kolmogorov Smirnov Variabel Bebas dan Terikat.....	48
Tabel 4.6.	Nilai Koefisien Korelasi Variabel Bebas dengan Variabel Terikat.....	49
Tabel 4.7.	Hasil Uji Regresi Berganda antara variabel Bebas dengan Variabel Terikat .....	50
Tabel 4.8.	Hasil Analisis Regresi Berdasarkan Stratifikasi dengan Variabel yangBerpengaruh.....	52

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Diagram Alir Proses Peleburan Aki Bekas .....	9
Gambar 2. Kerangka Teori Penelitian .....	29
Gambar 3. Kerangka Konsep Penelitian .....	30
Gambar 4. Skema Alur Penelitian .....	42

## **DAFTAR LAMPIRAN**

**Lampiran 1.: Kuesioner Penelitian**

**Lampiran 2.: Proses kegiatan responden**

**Lampiran 3.: Hasil Analisis Statistik**

**Lampiran 4.: Surat-surat Penelitian**

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1. Latar Belakang**

Pertumbuhan industri kecil di Jawa Tengah yang cukup pesat, sangat mendukung pertumbuhan perekonomian masyarakat karena disamping memperluas lapangan kerja juga sangat membantu perkembangan perekonomian daerah. Akan tetapi sebagaimana kita ketahui, efek samping pertumbuhan industri memberikan kontribusi terhadap penurunan kualitas udara baik di lingkungan kerja ataupun masyarakat sekitar.

Udara di lingkungan kerja sering mengandung bermacam-macam bahaya kesehatan yang bersifat kimiawi, biologis dan psikososial yang dapat menyebabkan penyakit akibat kerja. Meskipun angka kejadiannya tampak lebih kecil dibandingkan dengan penyakit-penyakit utama penyebab cacat yang lain, terdapat bukti bahwa penyakit ini mengenai cukup banyak orang, khususnya di negara-negara yang sedang giat mengembangkan industri. Bahan-bahan berbahaya tersebut salah satunya masuk melalui saluran pernafasan. Debu, aerosol dan gas iritan kuat dapat menyebabkan refleks batuk atau spasme laring, apabila zat-zat tersebut menembus ke dalam paru dapat terjadi bronkitis toksik, edema paru atau pneumonitis.<sup>(1)</sup>

Dalam penilaian dampak paparan debu pada manusia perlu dipertimbangkan antara lain: sumber paparan/jenis pabrik; lamanya paparan; paparan dari sumber yang lain; pola aktivitas sehari-hari serta penilaian

terhadap faktor-faktor penyerta yang potensial berpengaruh misal: umur, gender, etnis, kebiasaan merokok dan faktor alergen. <sup>(2)</sup>

Industri peleburan aki bekas merupakan salah satu industri yang sangat potensial mencemari lingkungan terutama pencemaran udara. Salah satu bahaya kesehatan yang ditimbulkan pada saat proses peleburan berlangsung yaitu tersebarnya partikel debu yang berupa logam Pb dan uap Sulfur dioksida ( $\text{SO}_2$ ). Kadar  $\text{SO}_2$  dalam cerobong asap disebabkan oleh pembakaran sel aki bekas karena masih mengandung Sulfat yang masih terikat pada sel-sel aki, sehingga setelah mengalami proses peleburan pada suhu  $> 300^\circ \text{C}$  akan timbul gas  $\text{SO}_2$ . Kedua parameter ini sangat berbahaya bagi kesehatan manusia dan kelestarian lingkungan hidup. <sup>(3,4)</sup>

Hasil penelitian Harsono Didik (1996) menyebutkan bahwa kadar emisi gas buang yang ditimbulkan oleh pencemaran industri peleburan timah hitam di UD. Jaya Abadi kabupaten Tegal di tiga titik diperoleh hasil : gas  $\text{SO}_2$  konsentrasi rata-rata mencapai  $0,8325 \text{ gr/m}^3$ , partikel debu total konsentrasi rata-rata mencapai  $0,6312 \text{ gr/m}^3$  sedangkan timah hitam (Pb) konsentrasi rata-rata mencapai  $0,0752 \text{ gr/m}^3$ . <sup>(4)</sup> Dari hasil pengukuran tersebut ternyata melebihi nilai ambang batas (NAB) yang disyaratkan oleh Surat Edaran Menteri Tenaga Kerja No SE/01/Men/1997 tentang Faktor Kimia di Udara Lingkungan Kerja. <sup>(5)</sup> Sedangkan hasil pengujian stack cerobong pada industri peleburan timah hitam PT "Jasa Timbal" Jl. Industri III/ D 48-49 Semarang tanggal 1 Maret 2002 yang dilakukan Hiperkes menunjukkan <sup>(6)</sup>: bahwa parameter debu total di tempat tersebut kadarnya

masih cukup tinggi yaitu  $220,455 \text{ gr/m}^3$ , sedangkan baku mutunya adalah sebesar  $150 \text{ gr/m}^3$ .<sup>(5)</sup>

Dari penelitian tersebut, terlihat bahwa pekerja peleburan timah hitam khususnya pekerja dibagian pembakaran dan penghancuran sel-sel aki bekas mempunyai resiko terpapar oleh debu. Dalam Majalah Kedokteran, Vol 51 No 5 disebutkan bahwa paparan Pb pada pekerja terjadi melalui saluran nafas dari debu atau asap diudara yang berkadar Pb tinggi.<sup>(7)</sup> Kadar debu dan kadar debu total yang masuk pernafasan diukur dengan sampel perorangan memakai filter membran. Dari pengukuran dengan menggunakan filter membran ini dapat diperoleh gambaran jumlah partikel debu yang terhirup pekerja setiap harinya.<sup>(2)</sup>

Berdasarkan permasalahan tersebut di atas peneliti ingin menganalisis hubungan antara jumlah pemaparan partikel debu udara dengan kapasitas fungsi paru pekerja peleburan timah hitam. Pengambilan sampel dilakukan di industri kecil peleburan timah hitam (Pb) di wilayah Lingkungan Industri Kecil Bugangan Baru Semarang.

## **1.2. Perumusan masalah**

Dari latar belakang permasalahan yang dihadapi industri kecil peleburan timah (Pb) di LIK Bugangan Baru Semarang, maka dapat dirumuskan masalah-masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana jumlah paparan debu para pekerja industri peleburan timah hitam?



2. Bagaimana gambaran kapasitas paru pada pekerja industri kecil peleburan timah hitam?
3. Apakah ada hubungan antara jumlah paparan partikel debu dengan kapasitas fungsi paru?
4. Bagaimana hubungan antara jumlah paparan debu, umur, status gizi, lama paparan, kebiasaan merokok dan kebiasaan berolah raga dengan kapasitas paru para pekerja?

### **1.3. Tujuan Penelitian**

#### **1.3.1. Tujuan Umum**

Mengetahui hubungan antara jumlah paparan partikel debu dengan kapasitas fungsi paru pada pekerja industri kecil peleburan timah hitam L.I.K. Bugangan Baru Semarang.

#### **1.3.2. Tujuan Khusus**

1. Mengetahui jumlah paparan debu yang diterima para pekerja dalam setiap harinya.
2. Mengetahui kapasitas fungsi paru pada pekerja industri kecil peleburan timah hitam.
3. Menganalisis hubungan jumlah paparan debu, umur, lama kerja status gizi, kebiasaan merokok serta kebiasaan berolah raga dengan kapasitas fungsi paru pekerja peleburan timah hitam.

4. Menganalisis secara bersama – sama variabel – variabel (jumlah paparan debu, umur, lama kerja, status gizi) dengan kapasitas fungsi paru pekerja di lingkungan industri peleburan timah hitam (Pb) LIK Bugangan Baru Semarang.

#### **1.4. Manfaat Penelitian**

1. Ilmu pengetahuan

Menambah khasanah ilmu, khususnya di bidang toksikologi lingkungan, dan di bidang kesehatan lingkungan pada umumnya

2. Bagi pengusaha

Meningkatkan pengetahuan tentang dampak lingkungan kerja terhadap kesehatan pekerja, sehingga kesehatan para pekerja lebih diperhatikan.

3. Bagi pekerja

Menambah pengetahuan kepada para pekerja tentang bahaya dan dampak yang ditimbulkan oleh lingkungan kerja, sehingga akan lebih berhati – hati bekerja.

#### **1.5. Ruang Lingkup Penelitian**

Mengingat terbatasnya waktu, sarana, tenaga serta menghindari perbedaan pemahaman yang disebabkan oleh perbedaan sudut pandang (kepentingan ), maka perlu pembatasan ruang lingkup yang meliputi lingkup materi keilmuan, lingkup masalah, sasaran, tempat dan lingkup waktu.

### **1.5.1. Lingkup Materi**

Penelitian yang dilaksanakan merupakan penelitian ilmu kesehatan masyarakat bidang kesehatan lingkungan, dan khususnya pada materi Toksikologi Lingkungan.

### **1.5.2. Lingkup Masalah**

Masalah yang diangkat dalam penelitian ini adalah hubungan tingkat paparan partikel Pb udara terhadap kapasitas fungsi paru pada pekerja industri peleburan timah hitam/Pb di L.I.K. Bugangan Baru Semarang.

### **1.5.3. Lingkup Sasaran**

Sasaran dari penelitian ini adalah para pekerja di L.I.K. Bugangan Baru Semarang.

### **1.5.4. Lingkup Tempat**

Untuk pengambilan sampel yang berupa jumlah paparan debu pekerja industri peleburan timah hitam (Pb) di L.I.K. Bugangan Baru Semarang.

### **1.5.5. Lingkup Metoda**

Penelitian secara eksploratif dengan pemeriksaan jumlah kadar debu pekerja dan kapasitas fungsi paru digunakan alat spirometer elektrik.

### **1.5.6. Lingkup Waktu**

Penelitian dilakukan dan diselesaikan dalam waktu 2 bulan, sedangkan untuk pengolahan dan analisis data selama 1 bulan.

## BAB II

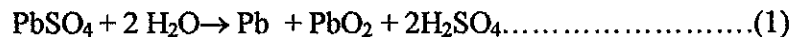
### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Industri Peleburan Timah Hitam (Pb)

##### 2.1.1. Proses Peleburan Aki Bekas

Aki merupakan suatu rangkaian alat untuk menyimpan arus listrik dalam pemakaian sehari-hari sebagai catu daya di antaranya: pada mobil, sepeda motor, radio, tv, tape dan sebagainya. Sebelum bermuatan listrik aki merupakan suatu bejana atau gelas kaca yang berisi cairan asam sulfat ( $H_2SO_4$ ) dan di dalam bejana tersebut terdapat dua keping plat yang terbuat dari bahan oksida timbal ( $PbO$ ) dimana satu keping bermuatan positif (+) dan satu keping bermuatan negatif (-).<sup>(8)</sup>

Aki / baterai yang bila tidak diisi kembali maka tidak mempunyai arus listrik dan menjadi aki bekas dengan komponen yang terjadi pada reaksi yaitu  $Pb$ ,  $PbO_2$ ,  $H_2SO_4$  dan  $PbSO_4$  serta air, reaksinya :

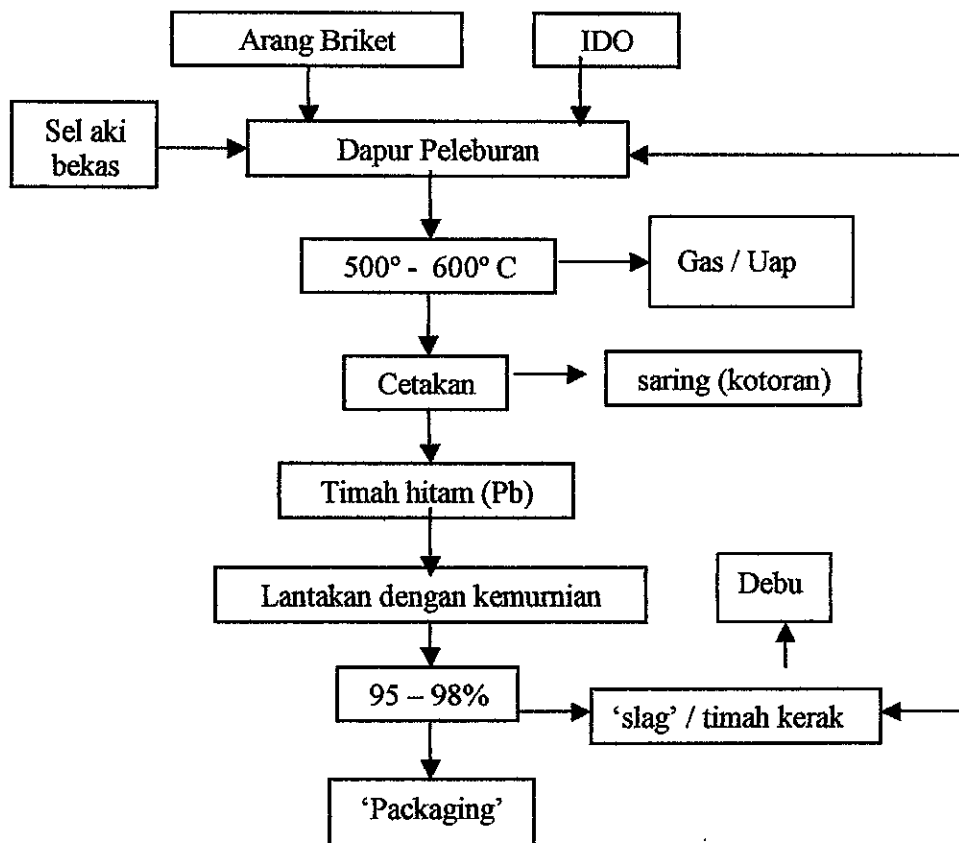


Aki bekas ini yang akan diproses dilebur menjadi  $Pb$  lempengan. Pada awalnya bahan baku sel-sel aki bekas yang dipisahkan dari ebonitnya dan arang briket, plat seng, di masukkan kedalam dalam dapur peleburan, kemudian bersama dengan bahan bakar IDO (*Industrial Diesel Oil*) disemburkan dengan batuan

pompa (*compressor*), dijaga pada suhu antara  $500^{\circ}\text{--}600^{\circ}\text{C}$ , mengingat timah hitam (Pb) meleleh pada suhu  $327,43^{\circ}\text{C}$ .<sup>(9)</sup>

Selang waktu  $\pm 8$  jam setelah peleburan hasil lelehan timah dituangkan dalam cetakan besi (sesuai permintaan konsumen) yang sebelumnya kotoran timah di atasnya disaring terlebih dahulu, hal ini untuk menjaga kemurnian timah yang diharapkan mempunyai kemurnian 97–98%, sedang sisa peleburan (*slag/slag*) yang masih mengandung timah dipisahkan dan dilebur kembali.<sup>(4)</sup>

Secara skematis dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 1. Diagram Alir Proses Peleburan Aki Bekas<sup>(4)</sup>

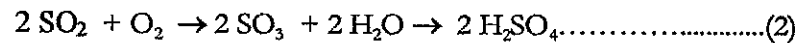
Sifat fisika dan kimia timah hitam (Pb) sebagai berikut <sup>(9)</sup>

- Titik leleh : 327,43° C
- Titik didih : 1740° C
- 'Spec. Grav' At 20 ° C : 11,3437° C
- Tekanan uap, 981 ° C : 1,0 mm Hg
- *Surface Tension*, 350 ° C : 442 dyne/cm<sup>2</sup>
- Viskositas 441 ° C, cp : 2,116 cp
- 'Spec. Heat' ° C : 0,0297 cal/gr
- Panas Laten : 5,87 cal/gr
- *Thermal conductivity* : 203° C

#### 2.1.2. Proses Terjadinya Partikulat (Partikel Debu) dan Sulfur Dioksida Pada Proses Peleburan Timah Hitam

Dalam proses peleburan aki bekas untuk pengambilan timbal, ternyata dihasilkan pula gas yang berbahaya serta partikel yang mengandung logam Pb yang sangat berbahaya terhadap kehidupan makhluk hidup (manusia, tumbuhan dan hewan) serta lingkungan yang dilewatinya. Selain partikel debu yang mengandung Pb ternyata dihasilkan pula gas Sulfur dioksida (SO<sub>2</sub>) merupakan gas tidak berwarna, berbau pada ambang 0,3 mg/m<sup>3</sup> dan sangat terasa pada 0,5 mg/m<sup>3</sup>. Kadar 0,25 mg/m<sup>3</sup> bila bercampur dalam 750 mg/m<sup>3</sup> asap selama 24 jam akan dapat menimbulkan kematian. <sup>(10)</sup> Di industri kecil biasanya pada saat proses, tidak dilakukan cara pengolahan yang baik, pada akhirnya gas buang SO<sub>2</sub> dan partikel Pb terlepas ke

udara hanya dilewatkan melalui dapur peleburan sehingga gas buang tersebut mencemari udara dan pada kelembaban yang tinggi akan terjadi reaksi sebagai berikut <sup>(4)</sup> :



### 2.1.3. Pengolahan Gas Buang Pada Proses Peleburan Timah Hitam

Gas buang yang dihasilkan dari peleburan timah hitam dengan memanfaatkan sel aki bekas terdiri dari campuran gas dan partikel halus, jika tidak dikendalikan akan berakibat buruk terhadap gangguan kesehatan. Untuk mengendalikan gas buang ada beberapa cara, antara lain <sup>(4)</sup> :

- Perubahan atau pengendalian dari proses itu sendiri (*clean production*)
- Pengolahan gas buang dengan memisahkan partikel dan gasnya

Pengaruh utama pada peristiwa absorpsi gas buang adalah efektifitas kelarutan yang ditimbulkan oleh kontak antara permukaan fase gas dan fase cairan penyerapannya. Gas yang diserap harus mempunyai sifat kelarutan yang baik dengan cairan penyerapnya.

Sebagai cairan penyerap biasanya digunakan air karena mempunyai sifat tidak korosif, mempunyai kelarutan dan penyerapan yang tinggi.<sup>(11)</sup> Ada kalanya kadar yang diserap cukup tinggi dan senyawa cukup berharga sehingga perlu diadakan



“regenerasi” tetapi untuk ini tidak dapat dilakukan karena kadar pencemarannya kecil serta kompleksnya susunan gas buang.

## 2.2. Polutan Partikulat

Partikulat adalah pencemar udara yang dapat berada bersama-sama dengan bahan atau bentuk pencemar lainnya. Partikel dapat diartikan secara umum atau sempit sebagai bahan pencemar udara yang berbentuk padatan, namun dalam pengertian yang lebih luas dalam kaitannya dengan masalah pencemaran lingkungan, pencemaran partikel dapat meliputi berbagai bentuk, mulai dari bentuk yang paling sederhana sampai yang paling rumit atau kompleks yang semuanya merupakan bentuk pencemar udara, di antaranya dapat berupa keadaan-keadaan :<sup>(12)</sup>

- *Aerosol* adalah istilah umum yang menyatakan adanya partikel yang terhambur dan melayang di udara.
- *Smoke* atau asap adalah aerosol yang berupa campuran antara butir padatan dan cairan yang terhambur melayang di udara.
- *Dust* atau debu adalah aerosol yang berupa butiran padat yang terhambur dan melayang di udara karena hembusan angin
- *Plume* adalah asap yang keluar dari cerobong asap suatu industri.

Adanya pencemaran debu yang disebabkan proses pembakaran, pemecahan serta pengolahan aki biasanya tergantung dari sifat fisik, kimia dan fisiologinya. Pengaruh fisika debu terhadap kesehatan manusia<sup>(12)</sup>:

- Partikel debu yang berukuran 1-3 mikron akan jatuh lebih dalam yaitu sampai ke alveoli yang gerakannya searah dengan jalannya suatu

kecepatan yang konstan untuk jenis debu pada alveoli sebagai media pertukaran gas.

- Asam arang, dengan melekatnya debu pada alveoli akan memberikan gangguan terhadap proses pertukaran gas.
- Partikel debu dengan ukuran 3-5 mikron, akan jatuh pada saluran pernapasan (*broncheolus*) dan dapat menimbulkan penyakit bronkitis, asma dan alergi.
- Partikel dengan ukuran  $> 5$  mikron, akan jatuh sejalan dengan kecepatan gravitasi dan jika terhirup melalui pernapasan biasa akan jatuh pada alat pernapasan bagian atas, partikel yang diserap ini akan dapat mengakibatkan gangguan terhadap iritasi alat pernapasan. <sup>(10)</sup>

### 2.3. Evaluasi Bahan Pencemar Udara di Lingkungan Kerja

Salah satu kegiatan yang amat penting dalam program kesehatan kerja adalah evaluasi terhadap ancaman kesehatan (*Health Hazard Evaluation*) dari berbagai potensi bahaya baik yang bersifat kimiawi-fisik, biologik, ergonomik maupun kondisi psikososial. Bidang kimiawi-fisik, menyangkut terutama berbagai bahan pencemar di udara ruangan, sehingga tenaga kerja dapat terpapar dalam pekerjaan sehari-hari baik secara akut maupun kronik, dan dapat memberikan pengaruh buruk terhadap kesehatan pernapasan. Dalam program kesehatan kerja, kegiatan tersebut dilakukan dalam tiga tahap, yaitu tahap paparan terhadap potensi bahaya, pengukuran, evaluasi dan akhirnya upaya kontrol atau pengendalian. <sup>(13)</sup>

Evaluasi bahan pencemar di udara lingkungan kerja berbeda dengan pencemar di udara bebas atau *ambient*. Proses analisis polutan mungkin sama, namun perbedaan prinsipil terletak pada tata cara pengambilan sampel dan nilai ambang batas. Di Indonesia Nilai Ambang Batas untuk lingkungan kerja di keluarkan oleh Departemen Tenaga kerja, Balai Perencanaan dan Pengembangan Tenaga Kerja, Pusat Hiperkes dan Keselamatan Kerja melalui surat edaran Menteri Tenaga Kerja No. : SE- 01/ Men /1997 tentang NAB. <sup>(5)</sup>

Secara fisik, pencemar udara dapat digolongkan menjadi dua, yaitu golongan gas atau *vapour* serta *aerosol*. Debu (*particulate*) termasuk dalam kategori *aerosol* yang kemudian dibagi menjadi dua, yaitu padat (*solid*) dan cair. Debu yang terdiri atas partikel padat dapat dibedakan lagi menjadi tiga macam, yakni *dust*, *fumes*, dan *smoke*. <sup>(17)</sup>

Industri peleburan timah hitam sangat potensial mencemari lingkungan terutama pencemaran udara. Bila berhadapan dengan bahan pencemar debu (dalam bentuk partikel) maka yang perlu dievaluasi adalah komposisi kimiawi dari debu tersebut, tentang ukuran aerodinamik partikel debu tersebut, karena berhubungan dengan deposisi di dalam saluran napas, serta kadar dari debu tersebut, hal ini berhubungan dengan Nilai Ambang Batas. <sup>(13)</sup>

Untuk mengetahui kadar dan ukuran partikel melalui metoda pengumpulan contoh debu dengan metoda *settling chamber* kemudian diperiksa ukuran partikel, sedangkan pengukuran berat dengan teknik

gravimetrik, bila perlu dilakukan analisis kimiawi, umumnya ditetapkan dengan unit ppm (*parts per million*) atau  $\text{mg/m}^3$ . Metoda pengambilan sampel yang lain antara lain : *centrifugal device*, *impingers* dan '*impactor*', *scrubbers*, *filters*, *electrostatic precipitator*, dan *thermal precipitator* serta *cyclone*.<sup>(14)</sup>

*American Conference of Governmental Industrial Hygienist* (ACGIH), tahun 1996 memperkenalkan tiga istilah yang penting dipahami oleh para praktisi kesehatan pernapasan, yaitu :<sup>(14)</sup>

- *Inhalable particulate mass*, bila *median cut off* dari distribusi partikel yang mengendap di saluran napas sama atau lebih kecil dari 100 mikron.
- *Thoracic particulate mass*, bila partikel yang terdeposit di dalam rongga dada yakni trakea ke bawah dan berukuran sama atau lebih kecil dari 10 mikron.
- *Respirable particulate*, bila yang terdepositasi dalam bronkus dan alveoli berukuran sama atau lebih kecil dari 4 mikron.

Hal tersebut berarti bahwa partikel yang berukuran 100 mikron ke bawah berpotensi masuk ke dalam sistem pernafasan. Ukuran 10 mikron ke bawah berpotensi masuk ke dalam rongga dada, yakni trakea ke bawah. Sedangkan 4 mikron ke bawah mampu mencapai lokasi terjauh yakni alveolus.<sup>(5,15)</sup>

#### **2.4. Mekanisme Penimbunan Debu dalam Jaringan Paru**

Secara umum terdapat tiga faktor yang berpengaruh pada inhalasi bahan pencemar ke dalam paru, yaitu faktor komponen fisik, faktor komponen kimiawi dan faktor penjamu atau penderita sendiri.<sup>(16)</sup>

Aspek komponen fisik yang pertama adalah keadaan dari bahan yang diinhalasi tersebut (gas, debu, uap). Ukuran dan bentuk juga dapat berpengaruh dalam proses penimbunan di paru, demikian pula kelarutan dan nilai higroskopisnya. Komponen kimiawi yang berpengaruh antara lain adalah kecenderungan untuk bereaksi dengan jaringan sekitarnya, keasaman atau tingkat kebasaan yang tinggi dapat merusak silia dan sistem enzim. Bahan-bahan tersebut dapat menimbulkan fibrosis yang luas di paru dan bersifat sebagai antigen yang masuk paru, faktor manusianya amat penting diperhitungkan sistem pertahanan paru baik secara anatomik maupun fisiologik. Gangguan faktor ini bisa diakibatkan oleh bahan bawaan ataupun oleh faktor lingkungan.<sup>(15)</sup>

Lamanya paparan dan kerentanan individu yang terpapar perlu diperhatikan,<sup>(16)</sup> partikel-partikel debu yang berdiameter lebih dari 15 mikron tersaring ke luar pada saluran napas bagian atas. Partikel 5-15 mikron tertangkap pada mukosa saluran yang lebih rendah masuk ke laring oleh kerja mukosiliar, selanjutnya akan ditelan. Bila partikel ini mengiritasi saluran napas atau melepaskan zat-zat yang merangsang respon imun, dapat timbul penyakit pernapasan misalnya bronkitis.<sup>(1)</sup>

Partikel-partikel berdiameter antara 0,5-5 mikron (debu yang ikut dengan pernapasan) dapat melewati sistem pembersihan mukosiliar dan masuk ke saluran napas terminal serta alveoli. Dari sana debu ini dikumpulkan oleh sel-sel *scavenger* (makrofag) dan diantarkan kembali ke sistem mukosiliar atau ke sistem limfatik. Partikel berdiameter kurang dari 0,5 mikron kemungkinan tetap mengambang dalam udara dan tidak diretensi. Partikel-partikel panjang sampai 100 mikron dapat mencapai saluran napas terminal, namun tidak dibersihkan oleh makrofag; akan tetapi partikel ini mungkin pula ditelan oleh lebih dari satu makrofag dan dibungkus dengan bahan protein kaya besi, sehingga terbentuk badan-badan asbes yang khas.<sup>(1)</sup>

Secara ringkas dikatakan bahwa reaksi-reaksi yang timbul akibat debu yang terinhalasi pada jaringan paru tergantung pada beberapa hal antara lain :  
(11,15,16,17)

a. Sifat alamiah kimia dari debu

Umumnya debu anorganik yang terinhalasi dalam jumlah yang cukup dan waktu yang lama menimbulkan fibrosis paru, walaupun beberapa debu anorganik tidak bersifat fibrosinogenik dapat juga menimbulkan gangguan fungsi paru. Reaksi yang lebih berat tergantung pada daya larut partikel/agen.

b. Ukuran debu

Partikel yang besar umumnya telah tersaring di hidung dan beberapa partikel kecil masuk sampai ruang dan yang terkecil sampai parenkim

(diameter 0,6-1 mikronn disebut partikel *respirabel*) partikel 0,5-2,5 mikron umumnya mengendap di alveoli dan terutama mengakibatkan pnemokonitis

c. Kadar partikel debu

Kadar partikel debu yang rendah dalam udara inhalasi, dapat dibersihkan secara komplit, namun semakin tinggi kadarnya maka semakin banyak yang mengalami deposisi paru.

d. Lamanya paparan

Pneumokonitis akibat debu akan timbul setelah penderita mengalami kontak lama, jarang ditemui kelainan bila paparan kurang dari 10 tahun. Dengan demikian lama paparan sangat mempunyai pengaruh besar terhadap kejadian gangguan fungsi paru.

e. Kerentanan individu

Beberapa orang yang mengalami paparan dalam waktu dan konsentrasi yang sama akan menunjukkan akibat yang berbeda, mungkin dihubungkan dengan mekanisme pembersihan debu dan cara bernapas.

f. Pembersihan partikel debu

Terdapat dua mekanisme pembersihan partikel debu, yaitu mukosiliaris dan pengaliran limfatik efisiensi mekanisme ini bervariasi tiap individu. Pembersihan partikel tergantung dari mana partikel tersebut didepositkan.

## 2.5. Fungsi Paru

### 2.5.1. Anatomi paru

Paru berbentuk kerucut, mempunyai alas dan puncak, permukaan kostal dan medial, tepi *anterior* dan *inferior* dan sebuah *hilus*. Alas paru cekung, dan sesuai bentuk kubah diafragma. Kubah kanan diafragma letaknya lebih tinggi dari pada kubah kiri diafragma, karena itu paru kanan lebih pendek dari pada paru kiri. Karena jantung menempati posisi sedikit di sebelah kiri garis tengah, maka alas paru kanan lebih lebar dari pada alas paru kiri. Paru kanan yang lebih besar dan lebih pendek mempunyai 3 lobus yang jelas. Lobus ini dibatasi oleh dua fisura. Sedangkan paru kiri mempunyai dua lobus yang dapat dibedakan dengan jelas, yaitu lobus superior dan lobus inferior. Kedua lobus ini terpisah oleh suatu fisura oblikua yang berkesesuaian dengan letak dan jangkauan fisura oblikua paru kanan.<sup>(18)</sup>

Trakhea terbelah menjadi dua bronkus utama; bronkus ini bercabang lagi sebelum masuk paru. Dalam perjalanannya menjelajahi paru bronkus-bronkus pulmonaris bercabang dan beranting banyak sekali. Saluran yang besar mempertahankan struktur serupa dengan yang dari trakhea, mempunyai dinding fibrosa berotot yang mengandung bahan tulang rawan dan dilapisi epitelium bersilia. *Bronchus terminalis* masuk saluran yang agak lain yang disebut vestibula, dan di sini membran pelapis mulai berubah



sifatnya; lapisan epitelium bersilia diganti dengan sel epitelium yang pipih. Dari vestibula berjalan beberapa *infundibula* dan di dalam dindingnya dijumpai kantong-kantong udara. Kantong udara atau alveoli itu terdiri atas satu lapis tunggal sel epitelium pipih, dan di sinilah darah hampir langsung bersentuhan dengan udara. Suatu jaringan pembuluh darah kapiler mengitari alveoli dan pertukaran gas pun terjadi di sini. <sup>(19)</sup>

### 2.5.2. Mekanisme Pernafasan

Inspirasi dan ekspirasi disebabkan pembesaran dan pengecilan rongga dada dalam tiga dimensi (*inferior-superior, anterior-posterior* dan *lateral*) secara bergantian. Inspirasi membutuhkan suatu pembesaran volume *intratorasik*. *Pleura parietal* yang terlekat akan bergerak bersama-sama dinding dada yang mengembang, dan kubah diafragma yang menurun membentuk suatu tekanan yang lebih negatif di dalam rongga *pleura*. Pengurangan tekanan ini akan menyebabkan paru mengembang dan menghisap udara melalui trakea memasuki pohon *bronkial*. Pada saat yang sama, kapilar paru berdilatasi untuk mempermudah terlaksananya sirkulasi pulmonal.

Pembesaran dalam dimensi *anteroposterior* rongga dada terjadi pada saat elevasi keenam iga teratas. Karena iga-iga ini umumnya mengarah miring dari tulang belakang sampai *sternum*, elevasi ini berakibat gerakan *sternum* ke depan, sehingga memperbesar dimensi *anteroposterior* rongga dada. Otot leher dan otot anggota badan atas

yang ber-*insersio* pada *sternum* atau iga-iga atas, dapat berfaal sebagai otot tambahan pada inspirasi dalam; ini terjadi ketika dibutuhkan volume *intratorasik* maksimal untuk memenuhi kebutuhan ventilasi yang meningkat.

Dimensi *superior-inferior* rongga dada membesar pada inspirasi dengan cara kontraksi dan pemaparan kubah kanan dan kiri diafragma. Pernafasan diafragmatik adalah cara utama untuk memperluas volume rongga dada pada pernafasan tenang. Pernafasan diafragmatik yang diawasi oleh pusat pernafasan di batang otak dan di bawah pengaruh *n. Frenikus* kanan dan kiri ini menyebabkan kekerapan pernafasan yang normal sebesar 16 kali per menit. Secara sadar, kekerapan ini dapat diubah sampai suatu derajat tertentu, atau ditingkatkan, bilamana kebutuhan akan oksigen dideteksi oleh kemoreseptor di dalam pembuluh besar dan batang otak. Karena pemaparan kubah-kubah diafragma terjadi inspirasi, pergeseran dalaman-dalaman perut dan relaksasi otot perut juga membantu inspirasi maksimum. Demikian pula pada ekspirasi paksaan (misalnya pada waktu batuk), otot-otot perut akan berkontraksi dan mendorong dalaman perut ke arah permukaan bawah diafragma dan mendorong diafragma ke atas ke dalam rongga dada. Pengecilan dimensi *inferior-superior* rongga dada yang terjadi selanjutnya akan memaksa pengeluaran udara dari pohon bronkial, sambil terjadi

pengecilan volume rongga dada dan peningkatan tekanan *intratorasik*.

### 2.5.3. Uji Fungsi Paru

Fungsi paru yang utama adalah untuk respirasi, yaitu pengambilan oksigen dari udara luar masuk ke dalam saluran napas dan terus ke dalam darah. Oksigen digunakan untuk proses metabolisme dan karbon dioksida yang terbentuk pada proses tersebut dikeluarkan dari dalam darah ke udara luar. Proses respirasi dibagi atas tiga tahap utama, yaitu : proses ventilasi, yaitu proses keluar masuknya udara ke dalam paru serta keluarnya karbon dioksida dari alveoli ke dalam darah serta keluarnya karbon dioksida dari darah ke alveoli; proses perfusi, yaitu distribusi darah yang telah teroksigenasi di dalam paru untuk dialirkan ke seluruh tubuh.<sup>(21)</sup>

Pemeriksaan spirometer merupakan pemeriksaan terhadap fungsi ventilasi dengan menggunakan alat spirometer yang mengukur arus udara dalam satuan isi dan waktu.<sup>(21)</sup> Uji ini sangat menguntungkan karena merupakan uji paling sederhana dan paling murah serta terbukti dapat diandalkan untuk tujuan epidemiologik.<sup>(20)</sup>

Dikenal beberapa jenis spirometer, antara lain : *Water-sealed spirometer*, alat ini terdiri dari alat untuk bernapas, penangkap CO<sub>2</sub> (*soda lime*), alat pencatat spirogram (kimograf), alat ini terdiri dari pengisap (piston) di dalam silinder, di antara piston dan silinder terdapat semacam lapisan plastik. Sedangkan spirometer *Wedge*,

spirometer *Piston*; spirometer *Bellows*, terdiri dari alat yang dapat mengembang dan mengempis akibat pernapasan, terbuat dari karet dan plastik. Alat ini dihubungkan dengan pena untuk mencatat pergerakan pada kertas grafik yang berputar dengan kecepatan tetap. Spirometer elektronik, alat ini mudah dibawa serta mudah digunakan dan hasilnya langsung tertera setelah pemeriksaan.<sup>(21,22)</sup>

Ada empat volume paru utama serta empat kapasitas paru utama yang dapat diukur dengan pemeriksaan spirometer. Pemeriksaan volume paru utama, yaitu volume alun napas (*tidal volume*), adalah jumlah udara yang masuk ke dalam dan ke luar paru pada pernapasan biasa; volume cadangan inspirasi (*inspiratory reserve volume*), adalah jumlah udara yang masih dapat masuk ke dalam paru pada inspirasi maksimal setelah inspirasi biasa, volume cadangan ekspirasi (*expiratory reserve volume*), adalah jumlah udara yang dikeluarkan secara aktif dari dalam paru setelah ekspirasi biasa, volume residu (*residual volume*), adalah jumlah udara yang tersisa dalam paru setelah ekspirasi maksimal.<sup>(21)</sup>

#### **2.5.4. Indikator Fungsi Paru**

Ada banyak jenis parameter pemeriksaan faal paru, namun pada penelitian ini hanya beberapa parameter yang dibutuhkan antara lain :

(23)

### 1. *Vital Capacity*

Yang dimaksud dengan *vital capacity* adalah volume udara maksimal yang dapat dihembuskan setelah inspirasi maksimal. Ada dua macam 'vital capacity' berdasarkan cara pengukurannya: <sup>(23)</sup>

1. *Vital capacity* : pada pengukuran jenis ini tidak perlu melakukan aktif pernapasan dengan kekuatan penuh.
2. *Force Vital Capacity* (FVC) : pada pengukuran ini pemeriksaan dilakukan dengan kekuatan maksimal.

Pada orang normal tidak ada perbedaan antara *vital capacity* dan *force vital capacity*, sedangkan pada keadaan ada kelainan obstruksi, terdapat perbedaan antara *vital capacity* dan *force vital capacity*. Fase pengukuran *vital capacity* dibedakan menjadi dua macam :

1. *Vital capacity inspirasi* : yang diukur besarnya *vital capacity* hanya pada fase inspirasi.
2. *Vital capacity ekspirasi* : yang diukur besarnya *vital capacity* hanya pada fase ekspirasi

Dengan demikian *vital capacity* dapat diartikan sebagai perefleksi dari kemampuan elastasi jaringan paru, atau kekakuan pergerakan dinding toraks. *Vital capacity* yang menurun dapat diartikan adanya kekakuan pada jaringan paru atau dinding toraks, dengan kata lain *vital capacity* mempunyai korelasi yang baik dengan *compliance* paru atau dinding toraks. Pada kelainan

obstruksi yang ringan *vital capacity* mengalami sedikit penurunan atau mungkin normal.

## 2. *Force Vital Capacity* (FVC)

*Force vital capacity* adalah pengukuran kapasitas vital yang didapat pada ekspirasi yang dilakukan secepat dan sekuat mungkin. Volume udara ini dalam keadaan normal nilainya kurang lebih sama dengan *vital capacity* (VC). Pada penderita obstruktif saluran napas akan mengalami pengurangan yang jelas karena penutupan prematur saluran napas.

## 3. *Force Expiratory Volume In 1 Second* (FEV<sub>1</sub>)

Yang dimaksud dengan *Force Expiratory Volume* adalah: besarnya volume udara yang dikeluarkan selama 1 detik pertama. Lama ekspirasi pada orang normal berkisar antara 4-5 detik, pada detik pertama orang normal yang dapat mengeluarkan udara pernafasan sebesar 80% dari *vital capacity*-nya.

Fase detik pertama ini dikatakan lebih penting dari fase-fase selanjutnya, penilaian ada obstruksi pernapasan didasarkan pada besarnya volume pada detik pertama tersebut. Interpretasi hasil tidak didasarkan atas nilai absolutnya tetapi didasarkan pada perbandingan *force expiratory volume*-nya, dan apabila FEV/FVC kurang dari 75 % berarti abnormal.

Pada penyakit obstruksi seperti bronkitis kronik atau emfisema terjadi pengurangan FEV<sub>1</sub> yang lebih besar dibandingkan kapasitas

vital (kapasitas vital mungkin normal) sehingga rasio  $FEV_1/FVC$  kurang dari 80%.

#### 4. *Peak Expiratory Flow Rate* (PEFR)

PEFR adalah *flow* atau aliran udara maksimal yang dihasilkan oleh sejumlah volume tertentu. Maka PEFR dapat menggambarkan keadaan saluran pernapasan, apabila PEFR menurun berarti ada hambatan aliran udara pada saluran pernapasan. Pengukurannya dapat dilakukan dengan *Mini Peak Flow Meter/ Pneumotachograph* (grafik flow volume)

## 2.6. Deteksi Kelainan Paru Akibat Kerja

### 2.6.1. Riwayat Medik dan Pekerjaan serta Pemeriksaan Fisik

Riwayat penderita sangat penting dalam memperkirakan lingkungan atau pekerjaan sebagai faktor yang menimbulkan paparan pada penderita.<sup>(1)</sup> Dari riwayat medik/pemeriksaan fisik dapat pula diperkirakan waktu yang diperlukan antara paparan dan gejala awal, dengan demikian dapat dinilai beratnya penyakit. Terdapat berbagai modifikasi dari kuesioner *British Medical Research Council* (BMRC) untuk penyakit pernapasan individual akibat kerja. Akan tetapi, demi hasil terbaik kuesioner BMRC tersebut harus dibuat dalam bahasa lokal. Riwayat merokok harus dilacak dengan cermat.<sup>(1)</sup>

Pada pemeriksaan fisik akan didapatkan keluhan iritasi saluran napas bagian atas seperti: bersin-bersin, iritasi pada mata, hidung dan

gambaran trakeobronkitis. Gejala sistemik dapat berupa mual, muntah, sakit kepala, kadang-kadang demam.<sup>(11,16)</sup>

Walaupun cedera yang ditimbulkan oleh agent penyebab umumnya menimbulkan gejala, tetapi gejala yang ditimbulkan tidak spesifik, sehingga perlu ditegaskan bahwa riwayat pekerjaan dan medis (yang diperoleh dari kuesioner) dan uji faal paru memberikan penilaian yang lebih akurat mengenai derajat penyakit dan kecacatan, bila dibandingkan dengan pemeriksaan fisik.<sup>(20)</sup>

#### **2.6.2. Penyakit Paru Akibat Paparan Debu Logam Keras**

Penyakit paru akibat kerja ialah penyakit atau kerusakan paru yang terjadi akibat hisapan debu / asap / gas / bahan yang berbahaya oleh pekerja di tempat kerja mereka. Paparan debu dapat menimbulkan obstruksi saluran nafas.<sup>(24)</sup>

Absorpsi logam keras hanya terjadi lewat paru. Debu yang terabsorpsi didistribusi ke bagian-bagian tubuh dengan cara yang sama dengan distribusi partikel debu lainnya, yaitu partikel debu yang tidak larut tertahan dalam jaringan paru, sementara komponen-komponen yang terlarut dibawa oleh darah ke bagian tubuh lain. Hanya Kobalt yang diekskresi dalam jumlah kecil melalui kemih.<sup>(20)</sup>

Pada sebagian besar yang terpapar ditemukan berbagai gejala iritatif termasuk batuk, rinitis, dispnea mirip asma, dan dispnea pada pengerahan tenaga. Umumnya gejala-gejala tersebut membaik setelah penghentian paparan.



Umumnya tanda-tanda dini penyakit mulai tampak setelah paparan selama lebih dari tiga tahun. Antara lain berupa batuk kering, penurunan berat badan dan dispnea progresif pada pengerahan tenaga. Pemeriksaan kesehatan memperlihatkan gejala-gejala klasik *insufisiensi* pernafasan dan penurunan *vital capacity* (VC) dan FEV<sub>1</sub>. *Hiposaturasi oksihemoglobin* darah arteri hanya terjadi pada permulaan pengerahan tenaga dan ada penurunan difusi karbon monoksida.

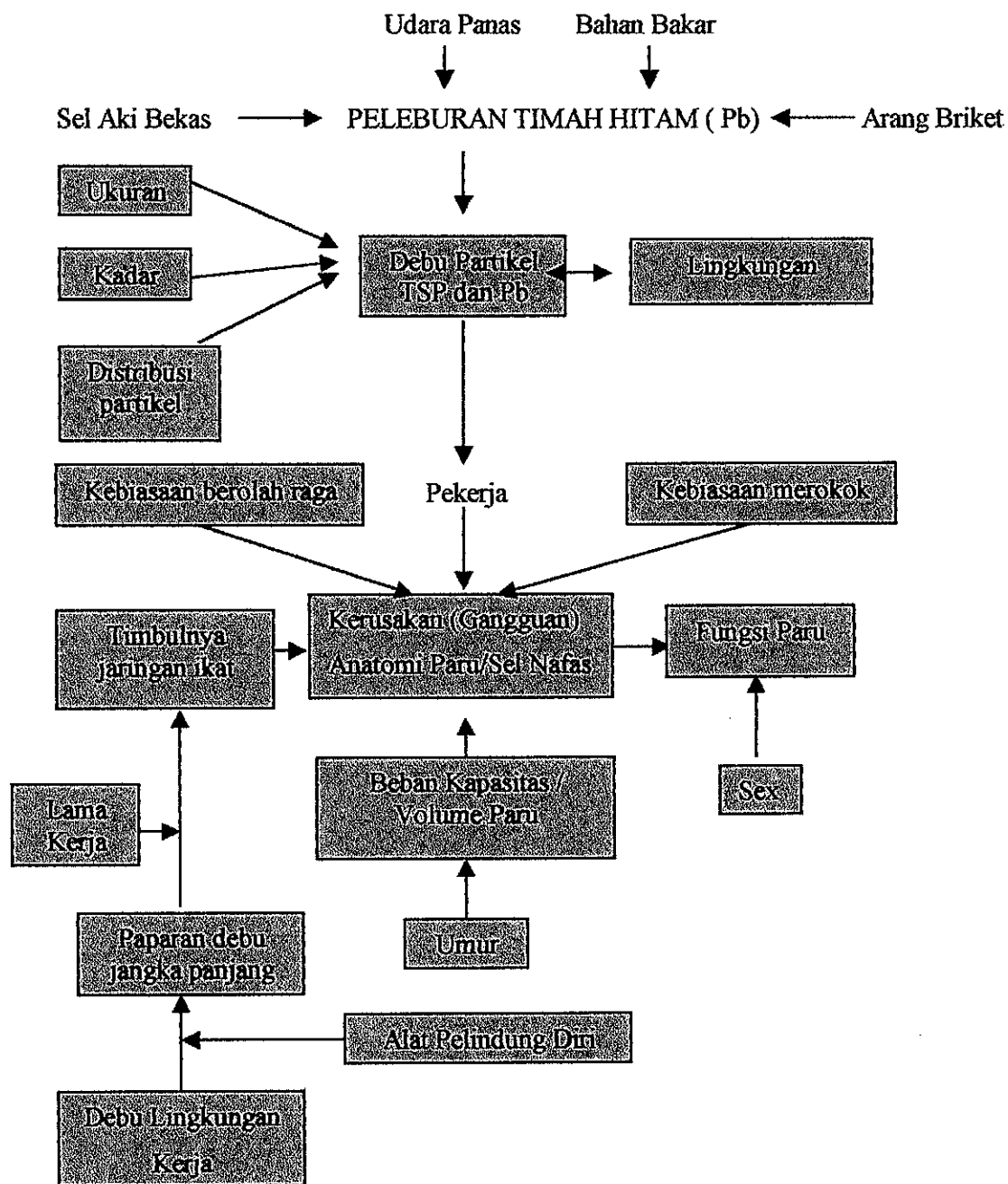
Secara morfologis terdapat *fibrosis alveolar* dan *interstisial* yang menimbulkan pembesaran *septa; alveoli* menipis di mana sel epitel kubus dengan daerah-daerah distensi emfisematosa. <sup>(20)</sup>

## 2.7. Hipotesis

- a. Ada hubungan antara pemaparan partikel debu udara dengan kapasitas fungsi paru pekerja peleburan timah hitam di LIK Bugangan Baru Semarang.
- b. Ada hubungan antara umur dengan kapastas fungsi paru pekerja peleburan timah hitam di LIK Bugangan Baru Semarang.
- c. Ada hubungan antara lama kerja dengan kapastas fungsi paru pekerja peleburan timah hitam di LIK Bugangan Baru Semarang.
- d. Ada hubungan antara Status gizi dengan kapastas fungsi paru pekerja peleburan timah hitam di LIK Bugangan Baru Semarang.
- e. Ada hubungan antara kebiasaan berolah raga dengan kapasitas fungsi paru pekerja peleburan timah hitam di LIK Bugangan Baru Semarang.

- f. Ada hubungan antara kebiasaan merokok dengan kapasitas fungsi paru pekerja peleburan timah hitam di LIK Bugangan Baru Semarang.

## 2.8. Kerangka Teori

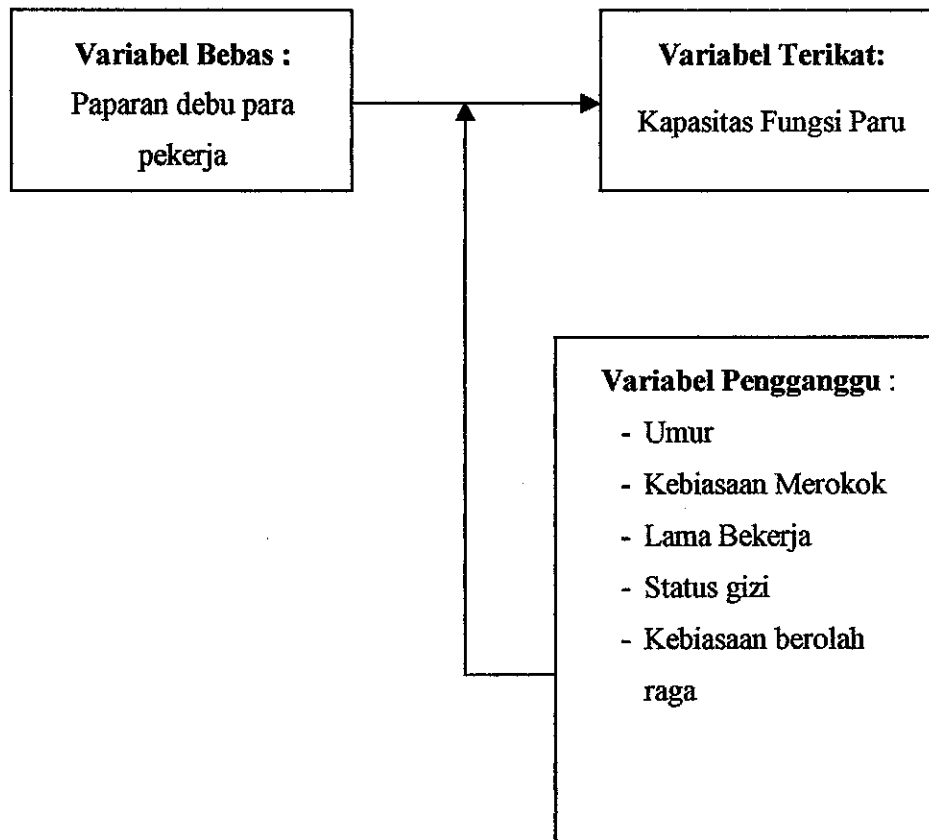


Gambar 2. Kerangka Teori Penelitian

### **BAB III**

## **METODOLOGI PENELITIAN**

### **3.1. Kerangka Konsep**



**Gambar 3 : Kerangka Konsep Penelitian**

### **3.2. Desain Penelitian**

Penelitian ini merupakan penelitian survei Observasional Analitik dengan pendekatan *Cross Sectional Study*, untuk mengetahui hubungan beberapa variabel bebas dengan variabel terikat yang menjelaskan terjadinya fenomena dalam penelitian ini.<sup>(25)</sup>

Dalam hal ini sebagai variabel bebasnya adalah jumlah paparan debu, sedangkan variabel terikatnya kapasitas fungsi paru dengan variabel kontrol umur, jenis kelamin, alat pelindung diri, lama kerja, status gizi, kebiasaan merokok dan kebiasaan berolah raga.

### **3.3. Tempat dan Waktu Penelitian**

Penelitian ini dilakukan pada lingkungan industri kecil peleburan timah hitam (Pb) di PT. JASA TIMBAL, PT. BBC, PT. BUKIT TIMAH di jalan Industri Lingkungan Industri Kecil (LIK) Bugangan Baru Semarang. Mengamati jumlah paparan debu pekerja dengan kapasitas fungsi paru pada pekerja. Pelaksanaan penelitian direncanakan berlangsung mulai bulan Januari 2003 dibantu tim Hiperkes dari Semarang, Jawa Tengah.

### **3.4. Populasi dan Sampel Penelitian**

#### **3.4.1. Populasi**

Sebagai populasi adalah para pekerja di industri kecil peleburan timah hitam (Pb) PT. Jasa Timbal, PT. BBC dan PT. Bukit Timah,

dengan jumlah populasi sebesar 32 orang dengan waktu kerja antara 4-10 jam setiap harinya.

### **3.4.2. Sampel**

Sebagai sampel penelitian ini dipilih berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi.

Kriteria inklusi :

- Laki-laki
- Umur 19 – 50 tahun
- Lama bekerja > 2 tahun
- Tidak menderita TBC
- Bersedia diikutkan dalam penelitian

Kriteria eksklusi :

- Mempunyai riwayat pekerjaan yang diperkirakan dapat menimbulkan penyakit saluran napas, seperti : perkayuan, pengelolaan asbes, pertambangan.
- Sebelum bekerja telah menderita penyakit saluran napas, kelainan dinding dada, efusi pleura, sedang menderita penyakit jantung, penyakit hati, penyakit ginjal dan tekanan darah tinggi.

### **3.4.3. Besar Sampel**

Berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi yang terpilih, dalam penelitian ini yang terpilih menjadi sampel adalah 29 orang.

### **3.5. Variabel Penelitian**

#### **3.5.1. Variabel Terikat**

Kualitas fungsi paru.

#### **3.5.2. Variabel Bebas**

Jumlah paparan debu pekerja.

#### **3.5.3. Variabel Pengganggu**

- a. Jenis kelamin
- b. Umur .
- c. Lama bekerja .
- d. Kebiasaan merokok .
- e. Status gizi.
- f. Kebiasaan berolah .

### **3.6. Definisi Operasional**

- a. Kualitas fungsi paru adalah kondisi fungsi paru pekerja yang telah terpapar bahan produksi yang dikategorikan sebagai ada gangguan/ sakit (*obstruktif*) dan normal. Informasi ini dilakukan dengan melakukan pengukuran fungsi paru menggunakan alat spirometer dengan satuan % FEV<sub>1</sub>/FVC. Skala : Rasio.
- b. Jumlah paparan debu pekerja merupakan jumlah partikel debu yang terhirup oleh pekerja dalam setiap harinya. Pengukuran kadar debu dilakukan oleh ahli dari Balai Hiperkes dan Keselamatan Kerja Propinsi

Jawa Tengah menggunakan alat “ *Personal Dust Sampler*” merk SKC Model 224-PCXR-8. Pengambilan sampel debu dilakukan selama jam kerja (4 jam terus menerus) dan diletakkan setinggi hidung rata-rata karyawan. Skala : Rasio dengan satuan  $\text{mg/m}^3$ .

- c. Jenis kelamin adalah keadaan kelamin para pekerja terdiri atas jenis kelamin laki-laki . Skala : Nominal
- d. Umur adalah lamanya hidup yang diukur dari lahir sampai sekarang dengan satuan tahun. Skala : Rasio
- e. Lama bekerja adalah waktu yang digunakan selama menjadi tenaga kerja dari awal masuk sampai pada saat penelitian. Hasil pengukuran lama bekerja sebagai karyawan dinyatakan dalam satuan tahun. Skala : Rasio
- f. Status gizi adalah gambaran keadaan kesehatan seseorang pada suatu waktu tertentu, yang dinilai dengan mengukur pertumbuhan fisik yang ditandai dengan bertambahnya besar ukuran *antropometri* (indeks massa tubuh) yaitu mengukur tinggi badan dibagi berat badan<sup>2</sup>. Skala: Rasio.
- g. Kebiasaan merokok adalah kebiasaan dan derajat merokok ditentukan dengan wawancara. Kriteria kebiasaan merokok berdasarkan *American Thoracic Society* (ATS), sebagai berikut : <sup>(14)</sup>
  - Perokok : Orang yang telah merokok lebih dari 20 bungkus pertahun atau 1 batang rokok perhari selama 1 tahun dan masih merokok sampai 1 tahun terakhir.

- Bekas perokok : Perokok yang telah berhenti merokok sekurang-kurangnya pada 1 bulan terakhir.
- Bukan perokok : Orang yang tidak pernah merokok atau merokok kurang dari 100 batang selama hidupnya

Sedangkan pembagian derajat merokok adalah sebagai berikut:

- Derajat 1 : 1 –12 batang/hari
- Derajat 2 : 13 –24 batang/hari
- Derajat 3 : >25 batang/hari

- h. Kebiasaan berolah raga adalah kegiatan gerak tubuh yang dilakukan setiap hari dalam waktu tertentu. Skala : nominal

### 3.7. Instrumen Penelitian

#### a. Kuesioner penelitian

Bagi para pekerja sebagai sampel disusun dengan pertanyaan untuk memperoleh data pendukung dilakukan oleh peneliti.

- b. Pengukuran jumlah paparan debu para pekerja. Dilakukan oleh tenaga ahli dari Balai Hiperkes dan Keselamatan Kerja Propinsi Jawa Tengah menggunakan alat *Personal Dust Sampler* merk SKC Model 224-PCXR-8. Pengambilan sampel debu dilakukan selama jam kerja (4 jam terus menerus) dan diletakkan setinggi hidung rata-rata karyawan.

Cara pengukuran dengan *Personal Dust Sampler* (PDS) :

- Alat dikalibrasi dengan kecepatan hisapan 1 – 1,9 l/menit.



- Filter pasang filter pada *filter holder* dengan bagian kasar diletakkan di sebelah depan / atas.
- Alat pekerja diletakkan / pasang dengan posisi “holder” setinggi hidung.
- pengambilan sampel dilakukan sesuai waktu yang diinginkan.
- Setelah selesai melakukan ‘sampling’, filter diambil menggunakan pinset dan dimasukkan ke dalam filter.

**Analisis :**

- Filter hasil pengukuran dimasukkan, baik sampel uji maupun blangko ke dalam desikator selama 24 jam;
- filter ditimbang menggunakan timbangan analitis sampai diperoleh bobot tetap.
- Hasil penimbangan filter dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Kadar debu (mg/m}^3\text{)} = \frac{(B - A) - (B' - A') \text{ (mgr)}}{(\text{m}^3) \text{ Volume udara sampling}} \dots\dots\dots(1)$$

Dimana :

A = Berat filter uji sebelum 'sampling'

B = Berat filter uji sesudah 'sampling'

A' = Berat filter blangko sebelum 'sampling'

B' = Berat filter blangko sesudah 'sampling'

Volume udara sampel ( $m^3$ ) : Laju alir udara x waktu sampling

- Pemeriksaan fungsi paru. Digunakan alat spirometer elektrik merk Spiroanalyzer tipe ST-250, Fukuda Sangyo dengan prosedur sebagai berikut :
  - a. Siapkan Spirometer lengkap dengan kertas grafik;
  - b. Responden diminta untuk meniup spirometer :
    - Tarik napas kuat-kuat kemudian meniup ke alat kuat-kuat tanpa menekan tombol grafik. Dari meniupan akan dihasilkan garis vertikal yang menunjukkan besarnya *vital capacity*.
    - Pada tiupan kedua, tarik napas dan tiupkan kuat-kuat bersamaan dengan menekan tombol grafik. Dari meniupan ini dihasilkan garis lengkung / kurva yang menunjukkan nilai  $FEV_1$  (*Forced Expiratory Volume*).
- Kondisi fungsi paru diperoleh dari membandingkan prosentase  $FEV_1$  dibanding FVC, dengan kemungkinan hasil :
  - Normal (N) bila nilai prediksi 80% ke atas;
  - *Restrictive Impairment* (R) bila % FVC = 60% ke bawah;
  - *Obstructive Impairment* (O) bila  $FEV_1$ : FVC = 55% ke bawah;

- *Combined Impairment (C)* bila  $FEV_1 < 55\%$  dan  $\% FVC = 60\%$ .

c. Karyawan yang diperiksa bernapas biasa empat kali, setelah bunyi “tik” ambil napas dalam sampai tidak kuat lagi, buang napas dengan cepat. Mulai pijat tombol start dan setelah selesai pijat tombol stop. Kriteria untuk menentukan derajat kapasitas fungsi paru terlihat pada Tabel 2 berikut<sup>(2)</sup>

Tabel 2. Derajat Kapasitas Fungsi Paru

Parameter Fungsi Paru	Derajat Gangguan Fungsi Paru		
	Ringan	Sedang	Berat
	( $\%$ )		
VC1	60-79	40-59	< 40
FVC	60-79	40-59	< 40
$FEV_1/FVC$	60-79	40-59	< 40

Sumber : (Epler, 1997)

d. Pemeriksaan fisik. Untuk pemeriksaan berat badan dengan alat penimbang berat badan ‘*portable*’ merk Kubota, tinggi badan dengan menggunakan meteran tinggi badan standar.

### 3.8. Pelaksanaan Penelitian

- Persiapan materi, lokasi kerja yang akan diambil sebagai data dan sampel
- Pemeriksaan fungsi paru dari sejumlah sampel (29 orang pekerja)
- Pengukuran kadar debu para pekerja yang dilakukan selama jam kerja.
- Pemeriksaan fisik berupa pengukuran berat badan dan tinggi badan.

- Wawancara dan pengisian kuisioner yang telah disediakan tentang karakteristik pekerja sebagai data pendukung.

### 3.9. Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan pada penelitian ini menurut sumber datanya ada dua yaitu : <sup>(26,27)</sup>

1. Data Primer, yaitu data yang dikumpulkan secara langsung dari sumbernya melalui pemeriksaan fungsi paru, pengukuran jumlah paparan debu dan wawancara dengan menggunakan kuesioner yang telah disiapkan, meliputi : identitas responden, riwayat pekerjaan, status rumah, riwayat penyakit yang pernah diderita, status perilaku sehat.
2. Data Sekunder, yaitu data yang dapat mendukung kelengkapan data primer yaitu paparan debu di tempat kerja yang meliputi : suhu, kelembaban, ukuran partikel.

### 3.10. Pengolahan dan Analisis Data

#### 3.10.1. Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan dengan cara : *editing, coding, entry* dan tabulasi. <sup>(26,27)</sup>

- a. *Editing*, kegiatan ini dilakukan setelah mendapatkan data yang dikumpulkan untuk dikoreksi sebelum dilakukan kegiatan 'entry' data sehingga apabila ada kesalahan atau kekurangan data dapat segera diklarifikasikan.

- b. *Coding*, kegiatan ini dilakukan dengan memberikan kode pada data sehingga mempermudah dalam pengelompokan data.
  - c. *Entry*, kegiatan memasukkan data ke dalam program komputer.
- Dalam hal ini dengan memanfaatkan fasilitas SPSS versi 10. <sup>(25,26)</sup>

### 3.9.2. Analisis Data

Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan *Statistical Product and Service Solution* (SPSS) Versi 10,0 yang meliputi pengolahan secara :<sup>(27)</sup>

- a. *Univariate* digunakan untuk menyajikan sebaran frekuensi: jumlah paparan debu, gangguan kapasitas paru, umur, lama kerja, status gizi, kebiasaan merokok dan kebiasaan berolah raga.
- b. *Bivariate*, untuk melihat hubungan masing-masing variabel terhadap variabel terikat dengan menggunakan uji korelasi, untuk menganalisis hubungan antara variabel bebas : jumlah paparan debu pekerja, umur, lama kerja dan status gizi dengan kapasitas fungsi paru  
  
Sedangkan untuk melihat beda antara variabel bebas dengan variabel terikat digunakan uji-t tidak berpasangan untuk melihat pekerja yang mempunyai kebiasaan merokok dan tidak, pekerja yang mempunyai kebiasaan berolah raga dan tidak.
- c. *Multivariate*, untuk mengetahui pengaruh secara bersama-sama dari beberapa variabel bebas terhadap variabel terikat dan melihat variabel yang cukup kuat pengaruhnya dimana pengaruh jumlah

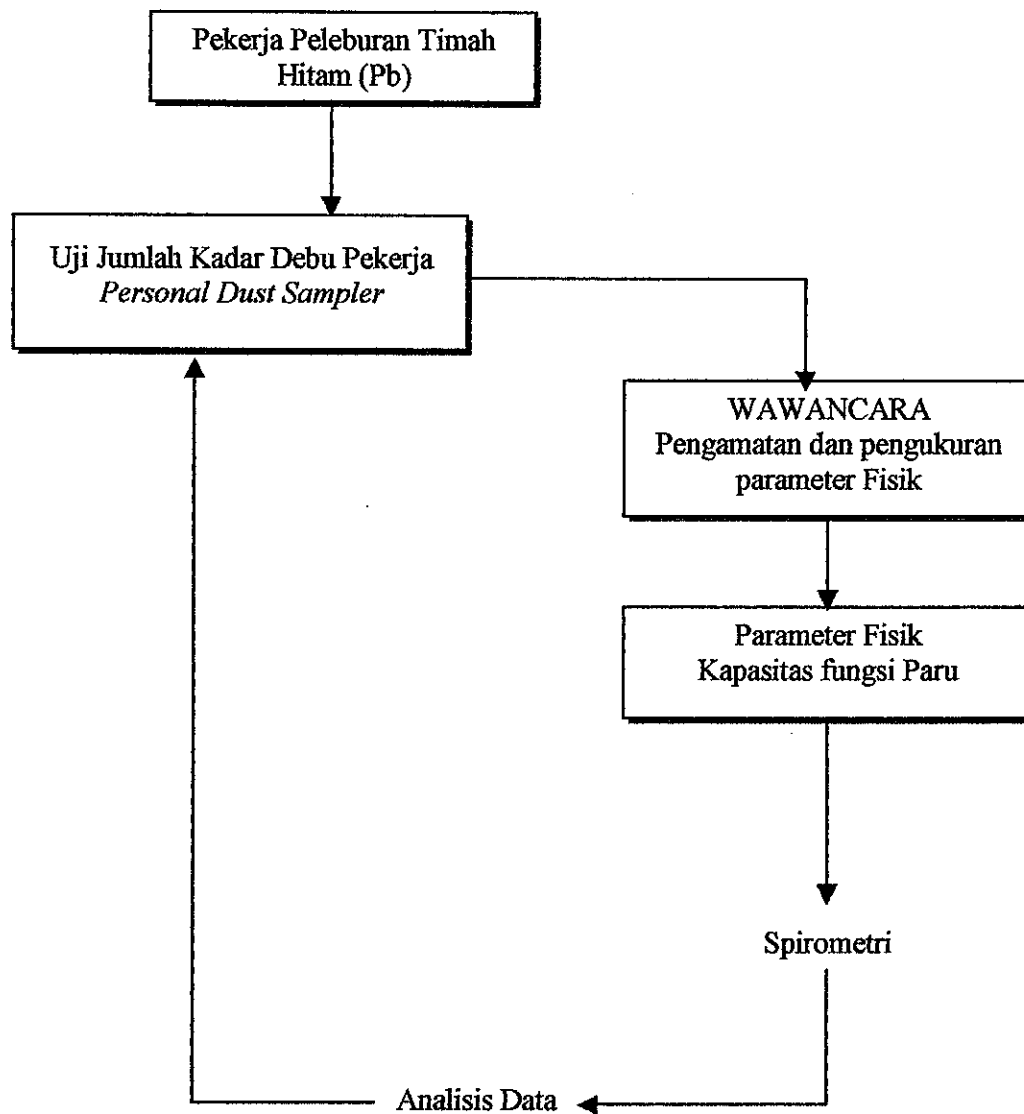
paparan debu pekerja, umur, lama kerja serta status gizi terhadap kapasitas fungsi paru.

### 3.11. Rencana Kegiatan Penelitian

Tabel 3. Rencana Kegiatan Penelitian

No.	Kegiatan	Agt	Sep	Okt	Nov	Des	Jan	Feb	Mar
1	Pemilihan Topik								
2	Penelusuran kepustakaan								
3	Pembuatan proposal								
4	Seminar proposal								
5	Perbaikan proposal								
6	Pengambilan data								
7	Pengolahan / analisis data								
8	Seminar hasil								
9	Perbaikan seminar hasil								
10	Seminar tesis								
11	Perbaikan seminar tesis								
12	Penyerahan laporan tesis								

### 3.12. Skema Alur Penelitian



Gambar 4. Skema Alur Penelitian

## **BAB IV**

### **HASIL PENELITIAN**

#### **4.1. Gambaran Umum**

Penelitian dilaksanakan dengan melakukan pemeriksaan kapasitas fungsi paru pekerja, jumlah paparan debu pada pekerja, pengukuran berat/tinggi badan dan wawancara terstruktur memakai kuesioner dengan pekerja peleburan timah hitam yang terpilih menjadi sampel dalam penelitian ini. Kegiatan penelitian ini dimulai dari tanggal 29 Januari sampai 3 Februari 2003.

Industri peleburan timah hitam tersebut telah cukup lama berkembang di Lingkungan Industri Kecil (LIK) Bugangan Baru Semarang. Pada saat ini terdapat empat buah perusahaan yang ada di lingkungan ini yaitu : PT. Jasa Timbal, PT. BBC, PT. Bukit Timah dan PT. Surya Mas. Pada saat ini PT. Jasa Timbal memiliki karyawan sebanyak 14 orang, PT. BBC memiliki karyawan sebanyak 12 orang dan PT. BBC memiliki 10 orang. Dari keempat perusahaan tersebut yang dijadikan sebagai tempat penelitian hanya tiga perusahaan dan 29 orang sebagai sampel.

Dalam proses produksinya industri peleburan timah hitam ini mampu memproduksi lantakan timah hitam (Pb) sebesar 20 kwintal, pembuatan lantakan ini memerlukan bahan baku setiap harinya 30 kwintal sel aki bekas, 6 kwintal arang kayu dengan hasil produksi rata-rata sebesar 20 kwintal. Pada masing-masing industri ini rata-rata mempunyai 2 tungku pembakar dengan 4 dapur dan 1 cerobong asap yang tingginya kurang lebih 15 – 20 meter. Setiap proses produksi memerlukan waktu sekitar 4-5 jam proses pembakaran dan setiap hari dapat



memasak sebanyak dua kali setiap tungku.

## **4.2. Analisis Univariat**

### **4.2.1. Karakteristik Responden**

Wawancara dengan responden dilaksanakan bertujuan untuk memperoleh data tentang nama, umur, lama kerja, tinggi badan, berat badan, kebiasaan merokok dan kebiasaan berolah raga responden. Data-data tersebut secara teoritis diperkirakan mempunyai pengaruh atau kontribusi terhadap terjadinya gangguan fungsi paru.

Penelitian ini melibatkan 29 pekerja pabrik peleburan timah hitam sebagai sampel dalam tiga perusahaan sebagai lokasi penelitian yang berada di wilayah Kota Semarang. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan diperoleh data-data sebagai berikut :

- Rata-rata umur responden adalah 31,5 tahun, standart deviasi 7,42 dengan umur termuda 19 tahun dan tertua 44 tahun.
- Untuk lama kerja responden menunjukkan rata-rata lama kerja adalah 5,7 tahun, standart deviasi 2,68 dengan masa kerja minimum 2 tahun dan maksimum 13 tahun.
- Hasil pengukuran status gizi responden dari pengukuran berat badan dan tinggi badan menunjukkan rata-rata status gizi pekerja peleburan timah hitam 20,89, sedang nilai terendah 18,37 dan tertinggi 24,68 dengan standart deviasi 1,375.

- Pekerja yang mempunyai kebiasaan merokok adalah 18 orang (62,1%) sedangkan yang tidak mempunyai kebiasaan merokok sebanyak 11 orang (37,9%).
- Sedangkan pekerja yang mempunyai kebiasaan berolah raga 6 orang (20,7%) dan yang tidak mempunyai kebiasaan berolah raga sebanyak 23 orang (79,3 %).

Untuk lebih jelas nilai rata-rata hitung karakteristik dan keragaman responden dapat dilihat pada tabel 4.1. berikut ini

Tabel 4.1. Nilai Rata-Rata Hitung Karakteristik Dan Keragaman Karakteristik Responden

No	Variabel Penelitian	Rata-rata	SD	Min	Mak
1	Umur (Tahun)	31,54	7,42	19,00	44,00
2	Lama Kerja (Tahun)	5,76	2,68	2,00	13,00
3	Status gizi (TB/BB <sup>2</sup> )	20,89	1,379	18,37	24,68

Tabel 4.2. Diskripsi Kebiasaan Responden

No	Kebiasaan	F	%
1	Merokok	18	62,07
	Tidak Merokok	11	37,93
2	Berolah raga	6	20,69
	Tidak berolah raga	23	79,31

#### 4.2.2. Jumlah Paparan Debu pada Responden

Jumlah paparan debu yang diperoleh menggambarkan banyaknya paparan debu yang diterima pekerja setiap harinya. Hasil penelitian menunjukkan rata-rata jumlah paparan debu pekerja peleburan timah hitam sebesar  $1,113 \text{ mg/m}^3$ , standart deviasi  $0,358$  dengan kadar terendah  $0,88 \text{ mg/m}^3$ , dan tertinggi  $1,95. \text{ mg/m}^3$ . Hasil tersebut melebihi Nilai Ambang Batas yang ditetapkan menurut Surat Edaran Menteri Tenaga Kerja No : SE-01/MEN/1997 tentang Baku Mutu Udara untuk debu perorangan sebesar  $0,05 \text{ mg/m}^3$ .

#### 4.2.3. Kapasitas Fungsi Paru Responden

Secara teoritis gangguan fungsi paru dikelompokkan menjadi 4 (empat) kelompok yaitu : *Obstruktif*, *Restrictif*, *Combined* (kombinasi) dan normal. Hasil pengukuran terhadap 29 responden diperoleh data sebagai berikut :

Tabel 4.3. Diskripsi Frekuensi Pemeriksaan Kapasitas Fungsi Paru Responden

No	Hasil Pemeriksaan	Jumlah
1	Obstruktif	8
2	Restruktif	0
3	Combined	0
4	Normal	21

Dari hasil penelitian diperoleh data responden yang memiliki gangguan obstruktif ada 8 orang, sedang respnden yang normal ada 21 orang.

Rata-rata kapasitas fungsi paru pekerja peleburan timah hitam menunjukkan 81,54 % FEV<sub>1</sub>/FVC dengan standart deviasi 14,61 sedang kadar terendahnya sebesar 35,48 % FEV<sub>1</sub>/FVC dan kadar tertinggi 95,23 % FEV<sub>1</sub>/FVC. Untuk lebih jelas rangkuman nilai rata-rata hitung dan keragaman dari variabel bebas dan terikat hasil analisis univariat dapat dilihat pada Tabel 4.4. berikut ini.

Tabel 4.4. Nilai Rata-rata Hitung dan Keragaman dari Variabel Bebas dan Terikat

No	Variabel Penelitian	Rata-rata	SD	Min	Mak
1	Jumlah paparan debu pekerja (mg/m <sup>3</sup> )	1,113	0,358	0,88	1,95
2	Umur (tahun)	31,517	7,424	19,00	44,00
3	Lama kerja (tahun)	5,759	2,681	2,00	13,00
4	Status gizi (TB/BB <sup>2</sup> )	20,89	1,376	18,37	24,68
5	Kapasitas Fungsi Paru	81,54	14,61	35,48	95,23

#### 4.2.4. Hasil Uji Normalitas

Untuk menentukan uji hipotesis yang akan digunakan, maka dilakukan uji normalitas *kolmogorov-smirnow*. Hasil dari uji normalitas tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.5. berikut ini

Tabel 4.5. Nilai Normalitas *Kolmogorov-Smirnov* Variabel Bebas dan Terikat

Variabel Penelitian	<i>Kolmogorov-smirnov</i>	Nilai-p	Keterangan
Jumlah paparan debu pekerja	2,127	0,000	Tidak normal
Umur	0,604	0,859	Normal
Lama kerja	1,064	0,208	Normal
Status gizi	0,761	0,609	Normal
Kapasitas fungsi paru	1,232	0,096	Normal

### 4.3. Analisis Bivariat

#### 4.3.1. Hubungan Antara Jumlah Paparan Debu dengan Kapasitas Fungsi Paru.

Hasil uji statistik hubungan antara jumlah paparan debu dengan kapasitas fungsi paru yang dilakukan dengan menggunakan uji *Rank Spearman* menunjukkan hubungan yang bermakna antara jumlah paparan debu dengan kapasitas fungsi paru dengan tingkat signifikansi (nilai -p) = 0,009, ( nilai -rho) =-0,047 atau dapat dikatakan bahwa jumlah paparan debu mempengaruhi kapasitas fungsi paru.

#### 4.3.2. Hubungan Antara Umur, Lama Kerja atau Status Gizi dengan Kapasitas Fungsi Paru

Hasil uji statistik dengan menggunakan uji *Korelasi Pearson* menunjukkan bahwa tidak ada hubungan atau pengaruh antara

variabel-variabel umur, lama kerja dan status gizi dengan kapasitas fungsi paru, dimana angka signifikansi (nilai-p) dari masing-masing variabel  $>0,05$ . Untuk lebih jelas hasil korelasi dari variabel-variabel tersebut di atas dapat dilihat pada Tabel 4.6 berikut.

Tabel 4.6. Nilai Koefisien Korelasi Variabel Bebas dengan Variabel Terikat

No	Variabel Penelitian	Koefisien korelasi (rho)	Nilai -p	Analisis
1	Jumlah paparan debu pekerja	- 0,477	0,009	<i>Spearman</i>
2	Umur	- 0,007	0,970	<i>Pearson</i>
3	Lama kerja	0,264	0,167	<i>Pearson</i>
4	Status gizi	0,181	0,348	<i>Pearson</i>

#### 4.4. Hasil Analisis Multivariat

Untuk mengetahui pengaruh secara bersama-sama dari beberapa variabel : Jumlah paparan debu pekerja, umur, lama kerja dan status gizi, terhadap kapasitas fungsi paru digunakan analisis regresi berganda. Adapun variabel yang berpengaruh terhadap gangguan kapasitas fungsi paru adalah sebagai berikut jumlah paparan debu, umur dan status gizi pekerja. Dari uji statistik diperoleh data jumlah paparan debu pekerja (nilai-p = 0.002), umur (nilai-p = 0,047) dan status gizi (nilai-p = 0,045). Sedangkan lama kerja secara bersama-sama tidak menunjukkan pengaruh yang bermakna. Hasil analisis regresi berganda multivariat terangkum dalam tabel 4.8. berikut ini.

Tabel 4.7. Hasil Uji Regresi Berganda antara Variabel Bebas dengan Variabel Terikat

Variabel penelitian	$\Sigma$	Nilai-t	Nilai-p
1. Jumlah paparan debu pekerja	- 23,210	- 3,393	0,002
2. Umur	- 0,771	- 2,099	0,047
3. Lama Kerja	0,282	1,691	0,104
4. Status gizi	3,860	2,117	0,045

Hasil uji statistik multifariat diperoleh persamaan :

$$Y = 42,161 - 23,215 X_1 - 0,771 X_2 + 1,536 X_3 + 3,860 X_4 + E$$

Keterangan :

- Y = Kapasitas fungsi paru
- $X_1$  = Jumlah paparan debu
- $X_2$  = Umur
- $X_3$  = Lama kerja
- $X_4$  = Status gizi
- E = Residual

#### 4.4.1. Analisis Regresi Berdasarkan Stratifikasi

Uji stratifikasi digunakan bila ada variabel bebas yang diduga berpengaruh namun berbentuk strata, kemudian dilakukan analisis regresi secara terpisah menurut strata variabel tersebut dalam hal ini variabel yang berpengaruh adalah merokok dan olah raga. Hasil analisis pengaruh responden yang mempunyai kebiasaan merokok dan tidak merokok, kebiasaan berolah raga dan tidak berolah raga dengan

Dengan variabel bebas yang berpengaruh dapat dilihat pada tabel 4.8. berikut ini

Tabel 4.8. Hasil Analisis Regresi Berdasarkan Stratifikasi dengan Variabel yang Berpengaruh

No	Strata	Variabel yang berpengaruh	Uji-t
1.	Merokok	Jumlah Paparan Debu	P = 0,010
2.	Berolah raga	- Jumlah Paparan Debu - Umur	p = 0,005 p = 0,046

Data di atas kemudian dilakukan uji stratifikasi kembali untuk melihat hubungan jumlah paparan debu responden yang merokok dan berolah raga dengan kapasitas fungsi paru diperoleh hasil nilai -p 0,008. Hubungan jumlah paparan debu responden yang tidak merokok dan berolah raga dengan kapasitas fungsi paru diperoleh hasil nilai -p 0,083. Hasil uji stratifikasi tersebut dapat dilihat pada tabel 4.9. berikut ini :

Tabel 4.9. Hasil Uji Stratifikasi Kebiasaan Merokok Responden

No	Kebiasaan	Nilai -t	Nilai -p
1	Merokok-tidak berolah raga	-3,100	0,008
2	Tidak merokok-berolah raga	-2,166	0,083



## **BAB V**

### **PEMBAHASAN**

Dalam bab ini akan diuraikan hal-hal yang berkaitan dengan data-data yang berhasil dikumpulkan, hasil pengolahan data dan pembahasan dari hasil pengolahan data tersebut.

#### **5.1. Hubungan Antara Jumlah Paparan Debu Dengan Kapasitas Fungsi Paru**

Hasil pengukuran jumlah paparan debu oleh Balai Hiperkes dan Keselamatan Kerja pada pekerja peleburan timah hitam melalui uji *Rank Spearman* menunjukkan bahwa paparan debu mempunyai hubungan yang bermakna dengan kapasitas fungsi paru, terbukti dengan diperoleh hasil uji statistik nilai  $p = 0,009$  dengan  $\rho = - 0,477$ ; atau dapat dikatakan bahwa jumlah paparan debu mempengaruhi kapasitas fungsi paru. Analisis multivariat dengan regresi berganda juga membuktikan adanya pengaruh antara jumlah paparan debu bersama-sama dengan umur dan status gizi terhadap kapasitas fungsi paru. Hal ini sesuai dengan teori dalam kepustakaan bahwa jumlah paparan debu yang semakin tinggi maka akan terjadi penurunan kapasitas fungsi paru.<sup>(20)</sup> Penelitian lainnya seperti Yunus (2001), Da Costa (1997), Fishwick (1996) mendapatkan hal yang sama.

Ditinjau dari NAB, maka jumlah paparan debu yang diterima pekerja dalam setiap harinya ternyata melebihi nilai ambang batas yang ditetapkan oleh Surat Edaran Menteri Tenaga Kerja : No. SE-01/Men/1997

tentang pencemaran debu total yang dapat diterima yaitu lebih kecil  $0,05 \text{ mg/m}^3$ . Pencemaran debu ini berpotensi mengakibatkan gangguan saluran pernafasan. Diperkirakan debu yang terhirup oleh responden dapat masuk melalui saluran pernafasan sampai parenkim (diameter  $0,6 - 6$  mikron) umumnya dapat mengendap di alveoli dan dapat mengakibatkan pneumokonitis. Penurunan kapasitas fungsi paru selain disebabkan oleh jumlah paparan debu dapat pula disebabkan oleh faktor-faktor lain seperti : lama paparan yang sifatnya kumulatif, juga ketahanan tubuh responden yang berberda-beda bila terpapar oleh debu yang sama.

Tujuan pengukuran jumlah paparan debu yang diterima pekerja adalah untuk mengetahui jumlah paparan debu yang diterima responden dan sekaligus membuktikan kebenaran teori menurut kepustakaan.

## **5.2. Hubungan Antara Umur, Lama Kerja atau Status Gizi dengan Kapasitas Fungsi Paru**

Hasil analisis bivariat dengan menggunakan *Korelasi Pearson* memperlihatkan tidak terdapat hubungan yang bermakna antara dengan kapasitas fungsi paru (nilai  $-p$  masing-masing  $> 0,05$ ). Umur, lama kerja dan status gizi merupakan variabel bebas yang tidak dapat berdiri sendiri untuk dapat mempengaruhi variabel terikat, artinya variabel ini memerlukan variabel lain untuk saling mempengaruhi dan bersama-sama mempengaruhi variabel terikat. Hal ini ditunjukkan dengan hasil uji multivariat dengan regresi berganda menunjukkan bahwa jumlah paparan debu, umur dan status

gizi secara bersama-sama memberikan kontribusi terhadap penurunan kapasitas fungsi paru (nilai  $-p$  masing-masing  $> 0,05$ ).

### 5.3. Uji Kapasitas Fungsi Paru

Dari uji statistik diperoleh rata-rata kapasitas fungsi paru adalah 81,54% FEV<sub>1</sub>/FVC, sedangkan pekerja yang kapasitas fungsi parunya tidak normal ada 27,6 % orang dan yang normal 72,4 % orang, hal ini menunjukkan bahwa rata-rata kapasitas fungsi paru responden normal. Hal ini dimungkinkan karena responden memiliki umur dimana kapasitas fungsi paru belum terjadi penurunan, paparan kerja dalam waktu kurang dari 20 tahun, status gizi yang baik, serta tidak mempunyai kebiasaan merokok serta mempunyai kebiasaan berolah raga dan tidak memiliki riwayat penyakit saluran pernafasan. Selain dari pada bentuk anatomis seseorang, faktor-faktor utama yang mempengaruhi kapasitas paru adalah : posisi orang tersebut selama pengukuran, kekuatan otot pernafasan dan distensibilitas paru-paru dan sangkar dada, yang disebut '*compliance paru-paru*'.<sup>(18)</sup>

Pertukaran karbon dioksida dan oksigen antara darah dan udara berlangsung di alveolus paru. Pertukaran tersebut diatur oleh kecepatan dan dalamnya aliran udara timbal-balik(pernafasan), dan tergantung pada difusi oksigen dari alveoli ke dalam darah kapiler dinding alveoli. Paru merupakan jalur masuk terpenting dari bahan-bahan berbahaya lewat udara pada paparan kerja.<sup>(28,31)</sup>

#### 5.4. Analisis Multivariat

Dalam penelitian ini diperoleh koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 64,3 ini menunjukkan adanya hubungan yang kuat antara kapasitas fungsi paru dengan 4 variabel independen. Sedangkan R square 41,4 hal ini berarti 41,4% variabel kapasitas fungsi paru dapat dijelaskan oleh keempat variabel independen yaitu jumlah paparan debu pekerja, umur, lama kerja dan status gizi. Sedangkan sisanya 58,6 dijelaskan oleh sebab-sebab lain yang tidak dimasukkan dalam model penelitian. Dalam penelitian kapasitas fungsi paru tidak hanya dipengaruhi oleh jumlah paparan debu, umur, lama kerja dan status gizi tetapi oleh variabel lain dengan kata lain variabel independen dalam menjelaskan variabel dependen sangat terbatas. Sebab-sebab yang lain dipengaruhi dimungkinkan oleh sampel yang minim dan homogen, pekerja telah memiliki riwayat bronkitis kronis, riwayat asma bronkiale, obstruksi akut atau pernah bekerja yang dapat menimbulkan penyakit saluran nafas.

Untuk pembahasan hasil penelitian dari persamaan penelitian dapat dilihat di bawah ini:

$$Y = 42,161 - 23,215 X_1 - 0,771 X_2 + 1,536 X_3 + 3,860 X_4 + E$$

Keterangan :

- Y = Kapasitas fungsi paru
- X<sub>1</sub> = Jumlah paparan debu pekerja
- X<sub>2</sub> = Umur
- X<sub>3</sub> = Lama kerja
- X<sub>4</sub> = Status gizi

E = Residual

Dari hasil analisis terlihat bahwa pengaruh jumlah paparan debu memberi pengaruh yang relatif lebih besar dibandingkan lama kerja, umur, dan status gizi. Hal ini terlihat dari besarnya koefisien regresi yang dihasilkan, dimana untuk variabel jumlah paparan debu pekerja mempunyai koefisien sebesar  $-23,215$ , umur sebesar  $-0,771$ , lama kerja sebesar  $1,536$  dan status gizi sebesar  $3,860$ . Dari hasil ini dapat disimpulkan bahwa, jumlah paparan debu merupakan variabel yang mampu mempengaruhi kapasitas fungsi paru dibandingkan variabel-variabel lain.

### 5.5. Analisis Regresi Berdasarkan Uji Stratifikasi

Analisis ini digunakan karena ada variabel bebas yang dipercayai berpengaruh namun berbentuk strata. Dalam hal ini variabel yang terpilih adalah kebiasaan merokok dan kebiasaan berolah raga. Dari hasil analisis stratifikasi nampak bahwa responden yang mempunyai kebiasaan merokok dengan variabel yang berpengaruh jumlah paparan debu menunjukkan adanya hubungan dengan kapasitas fungsi paru (nilai  $-p = 0,01$ ). Kondisi ini sangat sesuai dengan hasil penelitian yang menyebutkan bahwa kebiasaan merokok merupakan pemicu / penyebab terjadinya gangguan fungsi paru seperti gangguan terhadap sistem pertahanan saluran nafas. <sup>(20)</sup> Dikatakan juga bahwa kebiasaan merokok dapat menurunkan nilai  $FEV_1$  dan FVC dibandingkan dengan bahaya kesehatan yang lain akibat kerja.

Pada beberapa kasus penyebab kenaikan aktifitas elastisitas dalam paru dikaitkan dengan rangsangan rokok dan asap rokok yang mengandung

bahan-bahan racun yang merupakan penyebab primer dan kerusakan alveoli dalam paru. <sup>(16,20)</sup> Penelitian lain terhadap perokok menunjukkan peningkatan penyakit kanker paru dan cardiopulmonary. <sup>(17)</sup> Simpson (1998), Raza (1999) juga melaporkan peningkatan gangguan fungsi paru dipengaruhi kebiasaan merokok.

Uji stratifikasi pada responden yang mempunyai kebiasaan tidak berolah raga dengan variabel yang berpengaruh jumlah paparan debu dan umur menunjukkan hubungan dengan kapasitas fungsi paru (masing-masing nilai  $-p < 0,005$ ). Hasil ini sesuai dengan teori yang menyebutkan bahwa berolah raga dapat memperbanyak rangsangan dalam pertukaran karbondioksida dan oksigen antara darah dan udara dalam alveolus paru. Peningkatan kapasitas fungsi paru menunjukkan kondisi paru yang baik atau normal <sup>(29)</sup>.

Setelah dilakukan uji stratifikasi kembali nampak bahwa merokok dan tidak berolah raga menyebabkan kondisi-kondisi tertentu yang erat hubungannya dengan penurunan kapasitas fungsi paru. Uji stratifikasi ini membuktikan kebenaran teori bahwa merokok dan tidak berolah raga dapat menurunkan kapasitas fungsi paru atau terjadi gangguan saluran pernafasan.

## **BAB VI**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan pada pekerja peleburan timah hitam dengan judul hubungan antara tingkat pemeparan partikel debu dengan kapasitas fungsi paru pekerja peleburan timah hitam di Lingkungan Industri Kecil Bugangan Baru Semarang dapat disimpulkan sebagai berikut:

#### **6.1. Kesimpulan**

1. Rata-rata kapasitas fungsi paru pekerja peleburan timah hitam adalah 81,54% FEV 1.0/FEC, dengan kapasitas fungsi paru normal 72,4% dan tidak normal 27,6%.
2. Rata-rata jumlah paparan debu yang diterima pekerja peleburan timah hitam adalah 1,113 mg/m<sup>3</sup> dengan kadar terendah yang diterima sebesar 0,88 mg/m<sup>3</sup> dan tertinggi 1,95 mg/m<sup>3</sup>.
3. Ada hubungan yang bermakna antara jumlah paparan debu pekerja dengan kapasitas fungsi paru dengan nilai-p = 0,009.
4. Tidak ada hubungan yang bermakna antara umur, lama kerja atau status gizi dengan kapasitas fungsi paru.
5. Hasil analisis multivariat dengan uji regresi berganda menunjukkan jumlah paparan debu, umur dan status gizi secara bersama-sama dapat mempengaruhi kapasitas fungsi paru. Sehingga variabel-variabel diatas merupakan faktor resiko yang menentukan untuk terjadinya gangguan kapasitas fungsi paru.

6. Dalam penelitian ini 41,4% variabel kapasitas fungsi paru dapat dijelaskan oleh variabel jumlah paparan debu pekerja, umur, lama kerja dan status gizi. Sedangkan sisanya 58,6% dijelaskan oleh sebab-sebab lain.
7. Hasil analisi regresi berdasarkan stratifikasi menunjukkan bahwa merokok dan tidak berolah raga melalui variabel bebas jumlah paparan debu berpengaruh terhadap kapasitas fungsi paru.

## 6.2. Saran

Resiko gangguan pernafasan pada pekerja peleburan timah hitam di masa mendatang masih tetap besar mengingat kebutuhan penggunaan aki besar. Untuk menunjang usaha perlindungan terhadap gangguan pernafasan maka diajukan saran-saran sebagai berikut :

1. Penelitian ini perlu dikembangkan lebih lanjut dengan jumlah sampel yang lebih besar dan dikembangkan dengan metoda kohort untuk menemukan sebab yang sebenarnya sehingga upaya pengendalian dapat lebih terarah.
2. Kepada pemilik industri, upaya yang dapat dilakukan untuk menurunkan gangguan fungsi paru dengan jalan:
  - a. Menambah jumlah alat pengisap debu serta menambah kelembaban ruang kerja.
  - b. Peningkatan cara pemakaian alat pelindung diri yang baik dan tepat melalui penyuluhan-penyuluhan.
  - c. Melakukan pemeriksaan fungsi paru secara berkala bagi pekerja sehingga penurunan kapasitas fungsi paru dapat dideteksi lebih dini.



## DAFTAR PUSTAKA

1. World Health Organization (WHO). 1986. *Early Detection of Occupational Disease*.
2. Epler, G.R. 1997. *Environmental and Occupational Lung Disease*. In : *Clinical Overview of Occupation Lung Disease*. Return to Epler.com
3. Harsono, Didik, dkk. 1995. *Desain Prototipe Penanganan Gas Buang pada Industri Penanganan Aki Bekas*. Laporan Penelitian BPI Jawa Tengah.
4. Harsono, Didik, dkk. 1996. *Pembuatan Alat Penanganan Gas Buang pada Industri Penanganan Aki Bekas*. Laporan Penelitian BPI Jawa Tengah.
5. Departemen Tenaga Kerja RI. 2002. *Surat Edaran Menteri Tenaga Kerja Nomor SE/01/Men/1997 tentang N.A.B. Faktor Kimia di Udara Lingkungan Kerja*. Jakarta.
6. Hiperkes. 2002. *Kualitas Udara Emisi Stack di PT. Jasa Timbel*. Laporan Hasil Pengukuran. Balai Hiperkes dan Keselamatan Kerja Departemen Tenaga Kerja Jawa Tengah.
7. Majalah Kedokteran Indonesia. 2001. *Efek Pb Terhadap Karsinogen*. Vol 51.No.5
8. Keenan, Kleinfelter. 1999. *Kimia Untuk Universitas*. Jilid II. Erlangga. Surabaya.
9. Rania, Habal. 2002. *Toxicity Lead*. Medicine Journal. Vol. 3. No. 1.
10. Kusno, Putranto. 1995. *Toksikologi Lingkungan*. FKM-UI dan Pusat Daya Manusia dan Lingkungan. Jakarta.
11. Aditama, T.Y. 1999. *Penilaian Polusi Udara*. J. Respir. Indo. Vol 19. No. 1.
12. Pudjiastuti, L., Rendra, S., Santoso, HR. 1998. *Kualitas Udara dalam Ruang*. Hal. 1 – 9.
13. Malaka, T. 1997. *Evaluasi Bahan Pencemar di Udara Lingkungan*. J. Respir. Indo.
14. American Convergence of Governmental Industry Higienist (ACGIH). 1992. *Treshold Limit Values for Chenical Substance and Ohysical Agent and Biological Exposure Indices*. Cincinati-USA.
15. Spizer, F.E. 1999. *Environmental Lung Disease*. In : *Harisson Principal of Internal Medicine*. 1<sup>st</sup> Ed. McGraw Hill Book Co. New York.
16. Aditama, T.Y. 1992. *Penyakit Paru akibat Kerja*. Medika.

17. Levitzky, M.G. 1986. *Pulmonary Physiologi*. McGraw Hill Book Co.
18. Guyton, Arthur C. 1990. *Fisiologi Manusia dan Mekanisme Penyakit*. EGC. Jakarta.
19. Evelyn Pearce.1989.*Anatomi dan Fisiologi Untuk Paramedis*.PT. Gramedia. Jakarta.
20. World Health Organization (WHO).1993. *Deteksi Dini Penyakit Akibat Kerja*.Penerbit Buku Kedokteran. EGC
21. Situmeang,S.B.1996. *Faktor-faktor yang Mempengaruhi Kaliber Saluran Nafas*. J. Respir.Indo
22. Faisal, Y. 1992. *Peranan Pemeriksaan Faal Paru pada Penyakit Paru Obstruktif*. Dalam : Faisal,Y.,Rasmin,M.,Hudoyo,A.,Mulawarman,A., Swidarmoko,B.Eds.1992. *Pulmonologi Klinik*. Balai Penerbit FK.Ul. Jakarta.
23. Mukono. 1999. *Pengaruh Kualitas Udara Ambien terhadap Terjadinya Penyakit Paru Obstruktif Menahun Penduduk di Daerah Industri*. Berita Epidemiologi. Ed. Pebruari.
- 24.
25. Murti,B.1997. *Prinsip dan Metode Riset Epidemiologi*. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
26. Santoso, Singgih. 1999. *Statistical Product and Service Solution*.
27. Wijaya.1999. *Analisis Statistik dengan Program SPSS versi.10,0*. Cetakan ke-5. PT. Elexmedia Komputindo. Jakarta.
28. Faridawati, Ria. 1999. *Penyakit Paru Obstruktif kronik dan Asma Akibat Kerja*. Bagian Pulmonologi FKUI/ Unit Paru RSUD Persahabatan. Jakarta Jaurnal The Indonesian Association of Pulmonologist.
29. Program Pasca Sarjana. 2001. *Petunjuk Penelitian Thesis*. Universitas Diponegoro. Semarang.
30. Crofton, J. Douglas A. 1984. *Occupational lung diseases, In : Respiratory diseases*. Oxford, Blackwell scientific publications.
31. Yunus, F. 1996. *Penyakit Paru Akibat Kerja di Perkebunan*. J. Repir Indo.
32. Da Costa, JT., Barros H., Macedo JA., Riberio H., Mayan O., Pinto AS. 1998. *Prevalence of Respiratory Diseases in the Textile Industry*. Acta Med Port.
33. Raza, SN., Fletcher AM., Pickering CA., Niven Dr. Rastri Mahardika, Faraghet EB. 1999. *Respiratory Symptoms in Lancashire*.
34. Simpson, JC., Niven Dr. Rastri Mahardika, Pickering CA., Fletcher AM., Oldham LA., Francis HM. 1998. *Prevalence and Predictors of Work Related Respiratory Symptoms in Workers in Workers Exposed to Organic Dust*. Occup Environ Med.